

Scintigraphie myocardique

IRM cardiaque

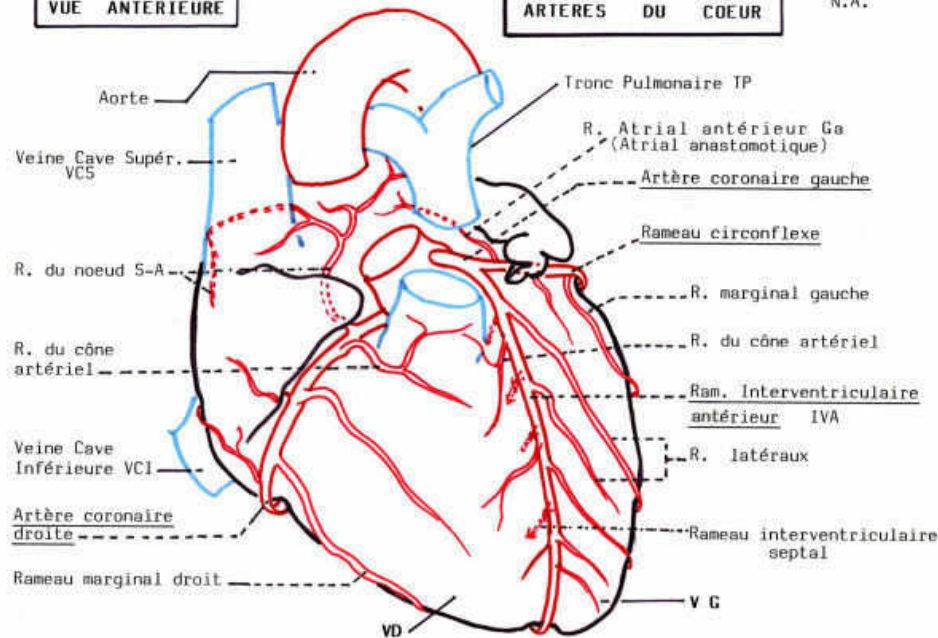
Nicolas DIDOT
Médecine Nucléaire

Circulation coronaire

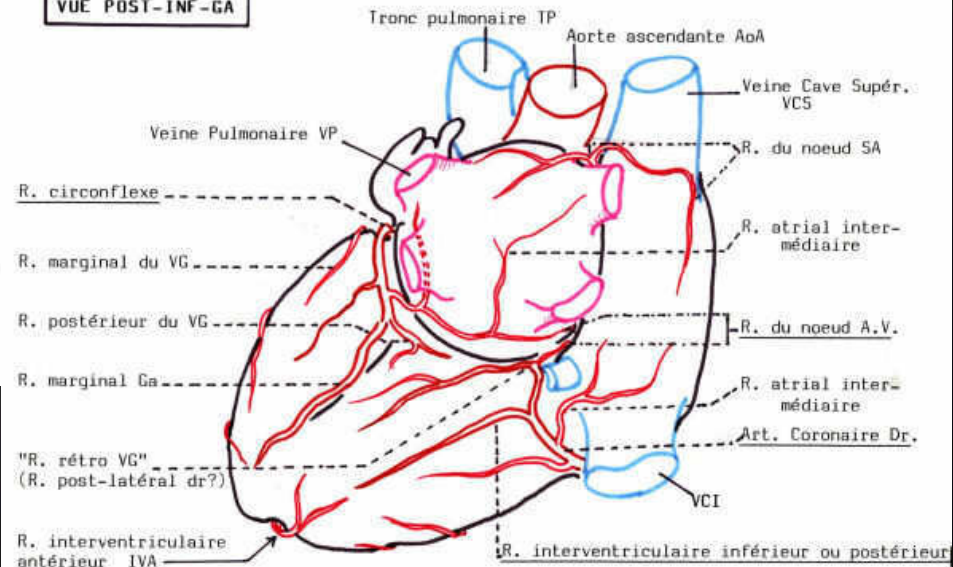
VUE ANTERIEURE

ARTERES DU COEUR

N.A.

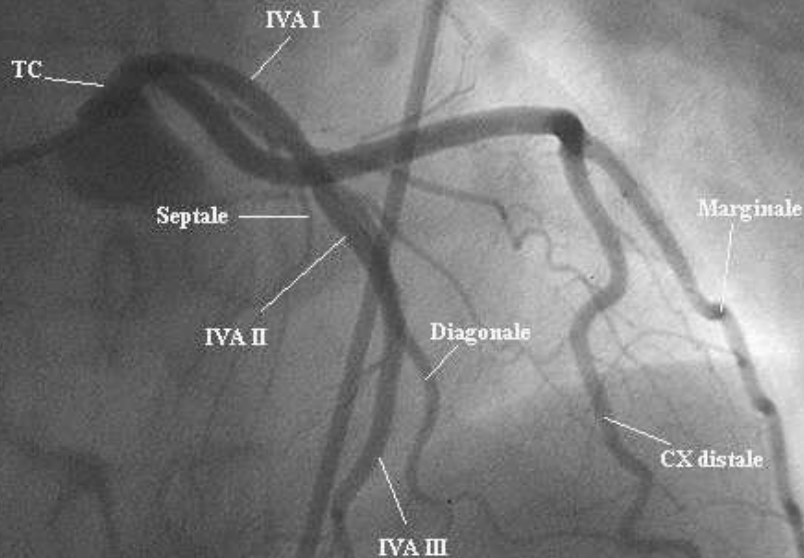


VUE POST-INF-GA

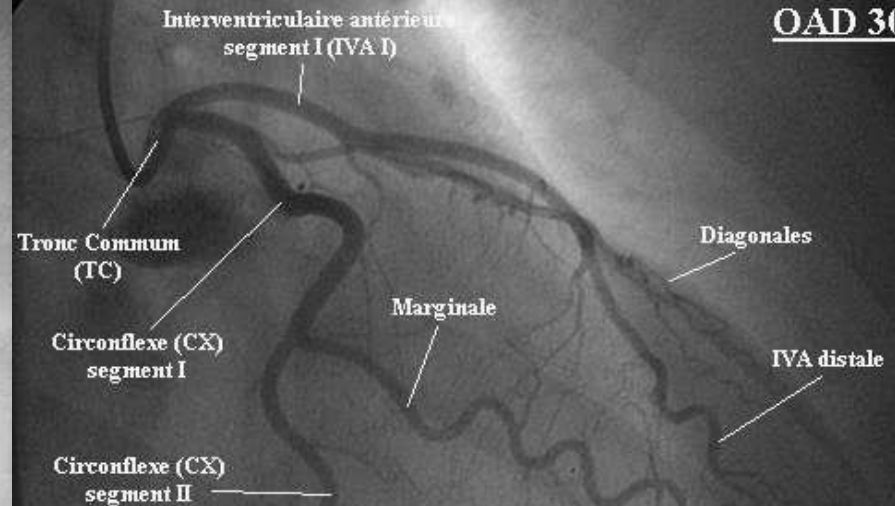


Artère coronaire gauche

OAG CRANIAL



OAD 30°



IVA: chemine dans le sillon interventriculaire antérieur jusqu' à la pointe, elle donne deux types de collatérales: septales et diagonales

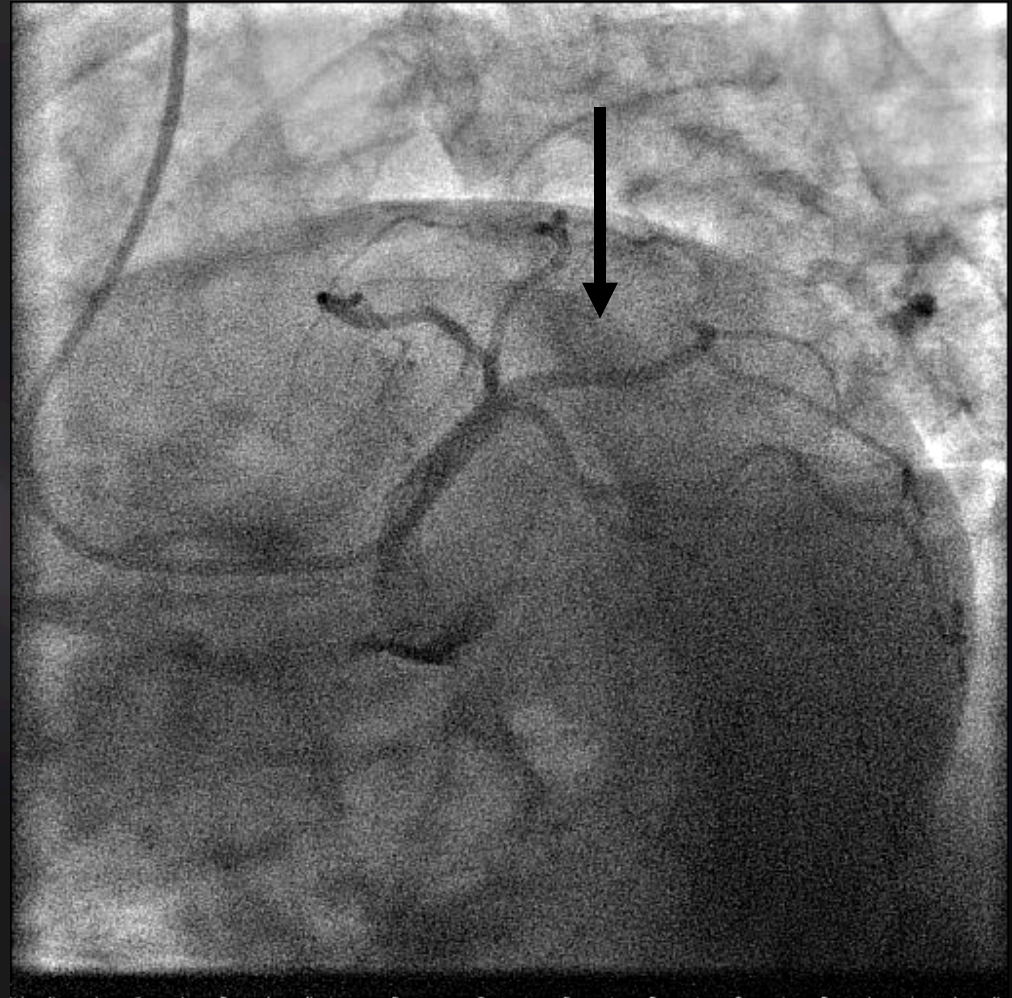
CX: elle chemine dans le sillon AV gauche . Elle donne des branches marginales (pour le bord gauche) et des branches rétroventriculaires

Artère coronaire gauche

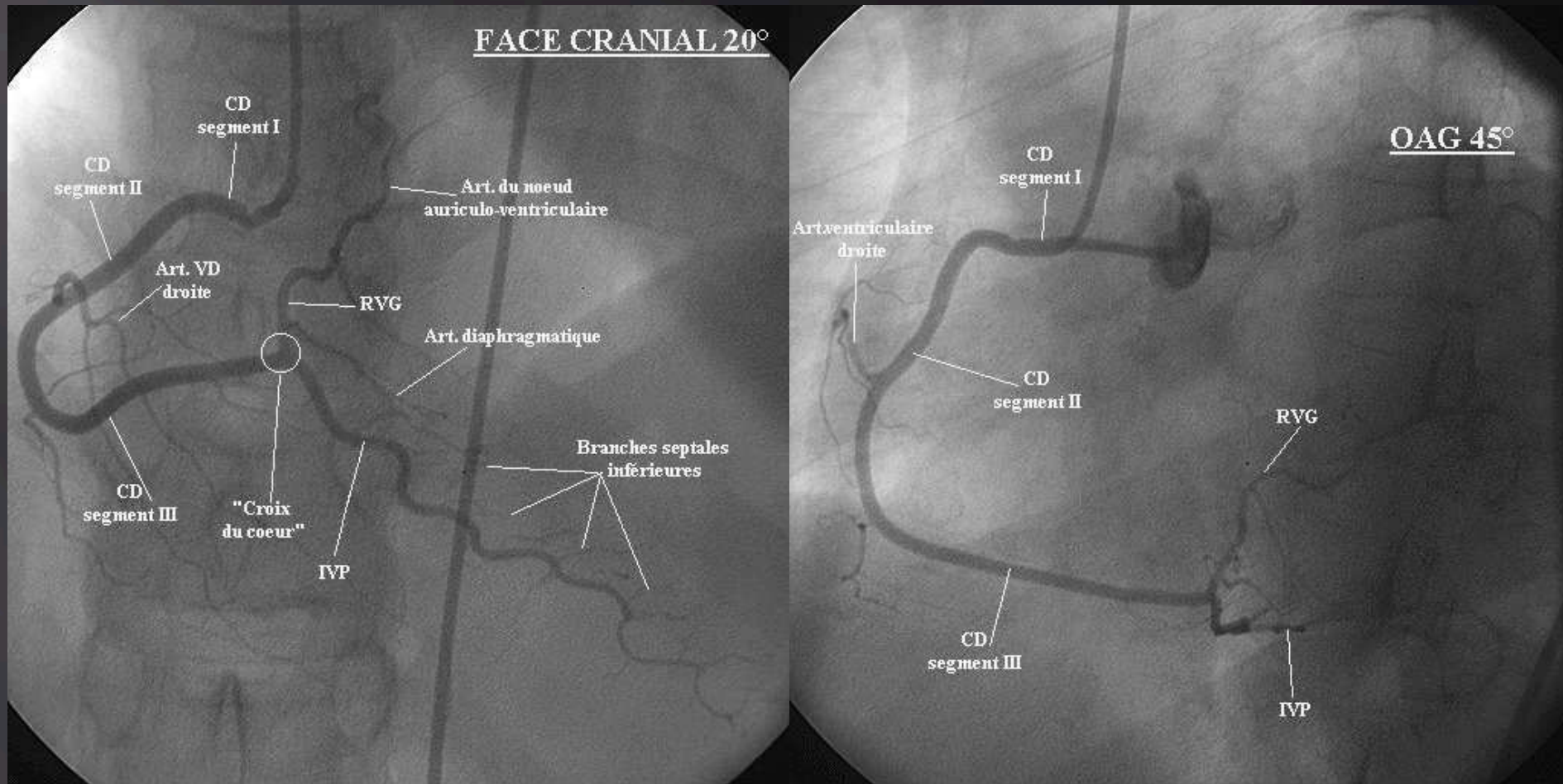
Cas particulier:

Bissectrice

il s'agit de M1 ou D1 qui
naît dans l'angle IVA/Cx

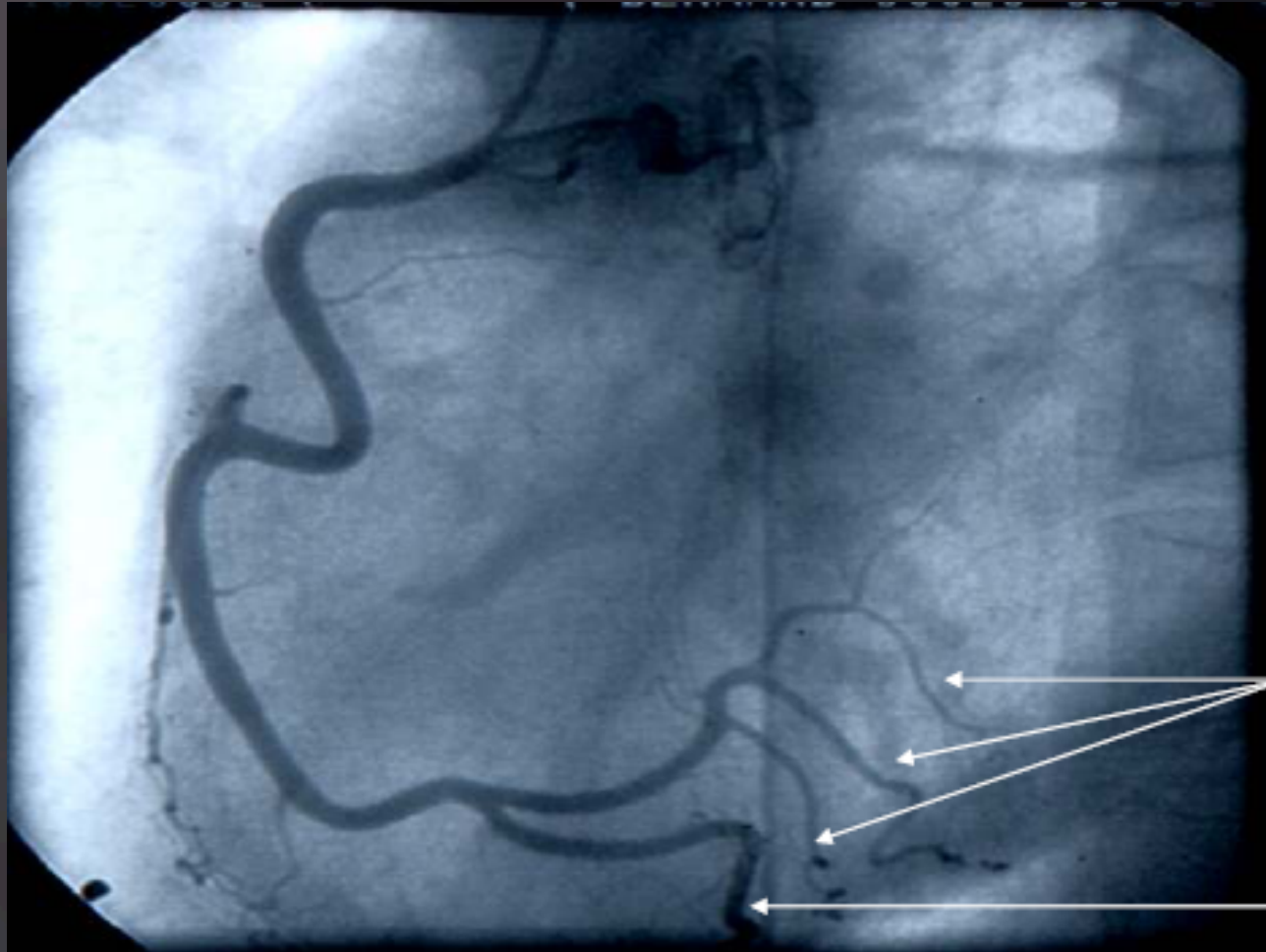


Artère coronaire droite



Elle chemine dans le sillon AV droit de l'ostium à la face postérieure du VG (croix des anatomistes), elle comporte 3 segments. Elle donne deux branches terminales: l'IVP et la **Rétroventriculaire**

CD dominante (80% des cas)



artères
diaphragmatiques

IVP

Vascularisation de la paroi inférieure et du septum inférieur

IVA dominante (10% des cas)

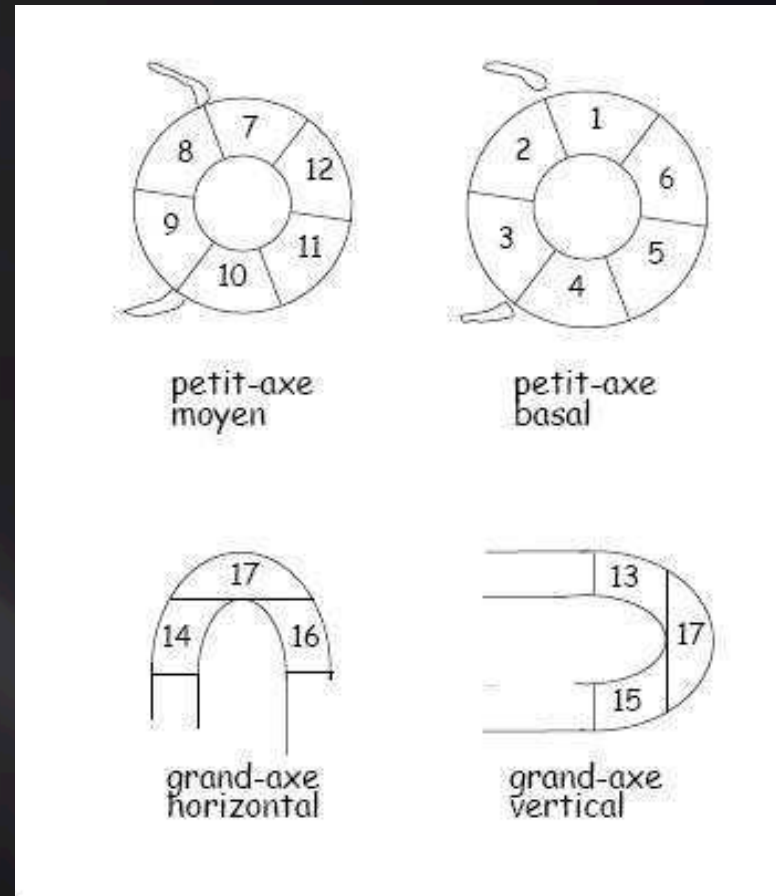
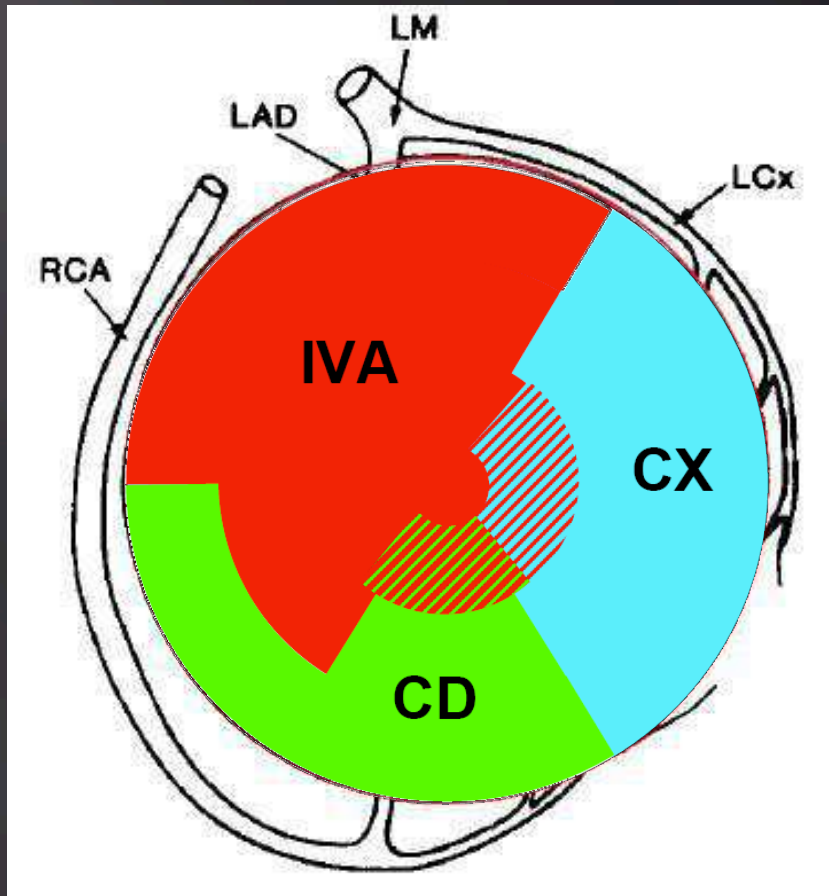


artères
diaphragmatiques

IVP

Vascularisation de la paroi inférieure et du septum inférieur par la CX

Segmentation du VG



Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association ; *Manuel D. Cerqueira et Al, Circulation 2002;105;539-542*

Flux sanguin coronaire

Normal - repos

$$F = \frac{\Delta P}{R_d}$$



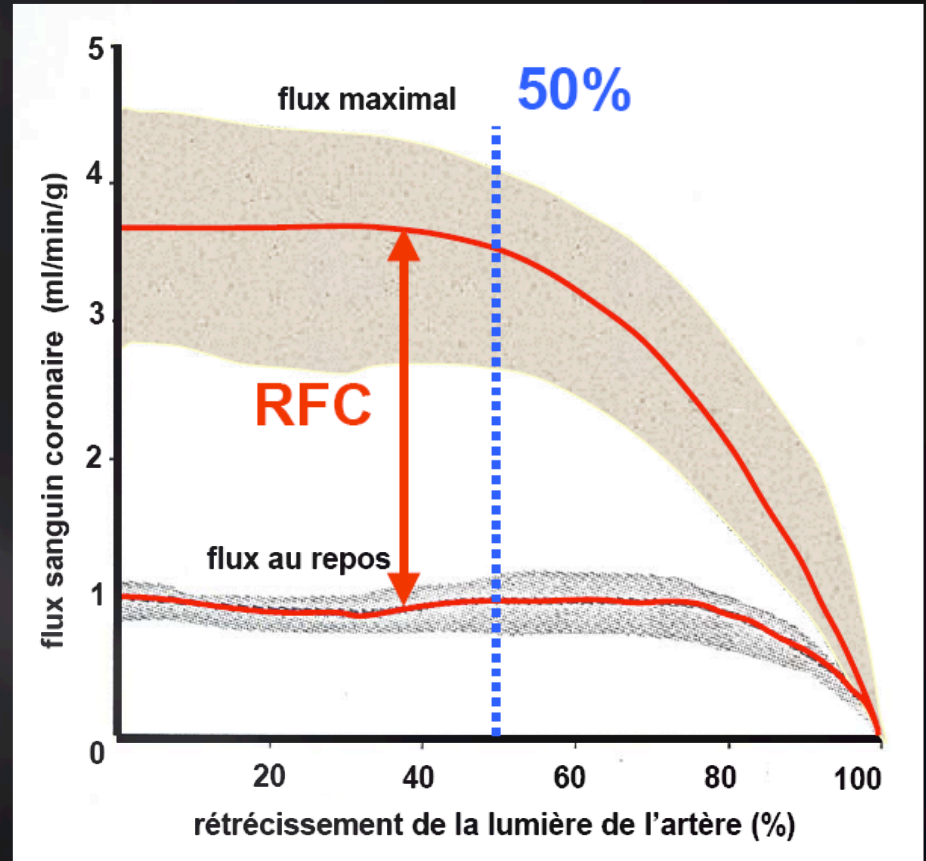
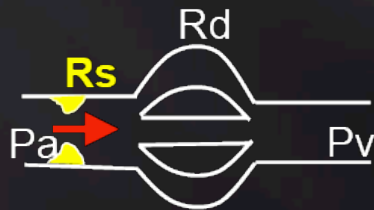
Normal - effort

$$F = \frac{\Delta P}{R_d \downarrow}$$



Sténose - repos

$$F = \frac{\Delta P}{R_s + R_d}$$



Techniques de stress

▣ Augmentation du flux sanguin coronaire :

▣ Augmentation du flux sanguin coronaire :

- ▣ Épreuve d'effort : bicyclette ergométrique ou tapis roulant

: chronotrope +, inotrope + ($\frac{1}{2}$ vie : 2 min)

- ▣ Vasodilatation artériolaire directe : action direct sur les muscles lisses ($\frac{1}{2}$ vie : < 10s)

- ▣ Adénosine : action directe sur les récepteurs A_1 et A_2 ($\frac{1}{2}$ vie : 10s)

dans le secteur interstitiel ($\frac{1}{2}$ vie : 6 heures)

dans le secteur interstitiel ($\frac{1}{2}$ vie : 6 heures)

▣ En pratique :

- ▣ Épreuve d'effort ou Dipyridamole si risque de test sous maximal ou si contre-indication

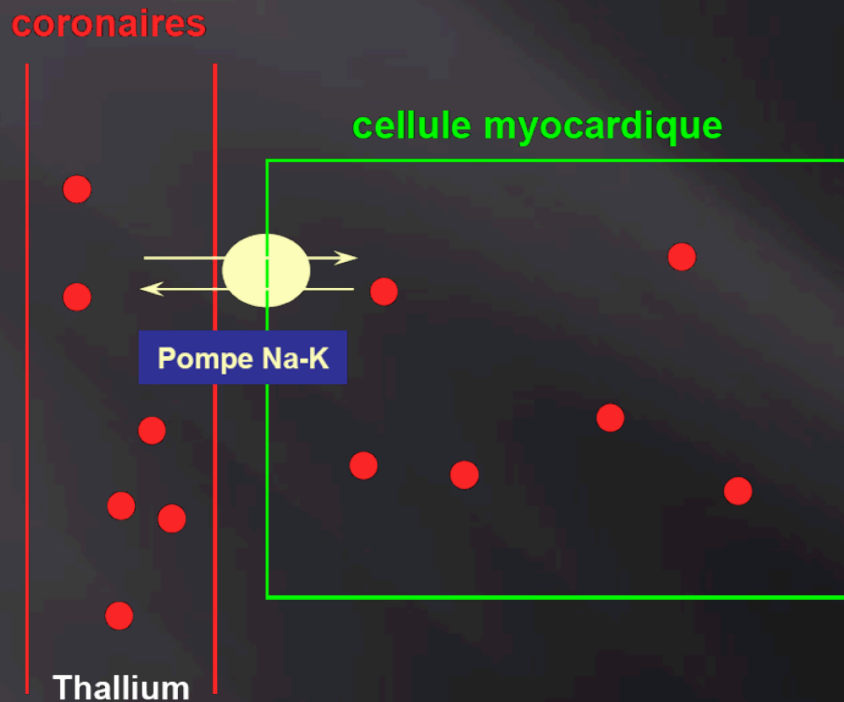
En pratique :

- ▣ Épreuve d'effort ou Dipyridamole si risque de test sous maximal

Radiotraceurs

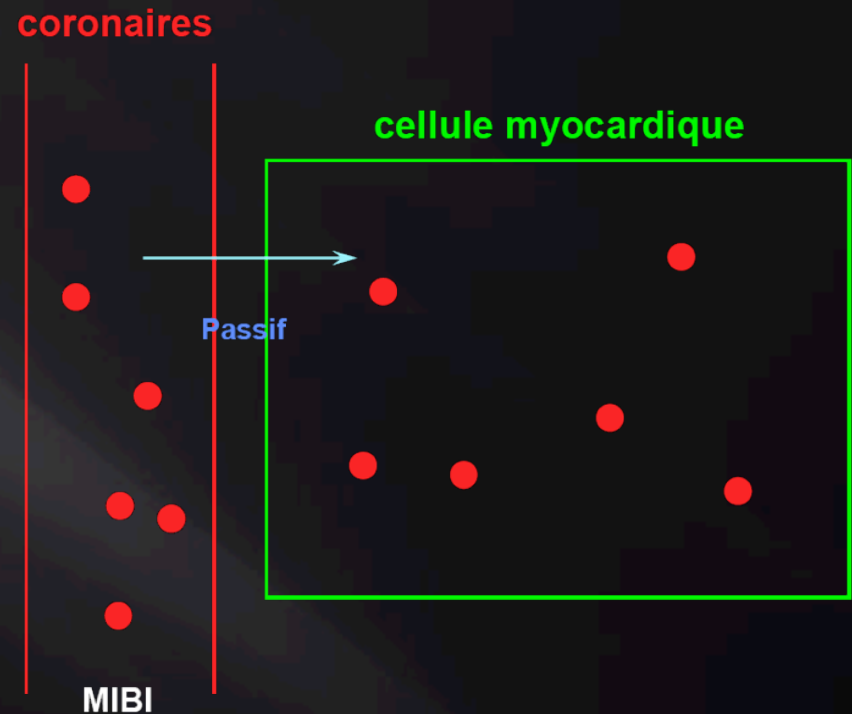
Fixation =
débit coronaire + viabilité

Thallium 201
redistribution



Fixation stable du traceur pendant
15 à 30 min

^{99m}Tc -MIBI
absence de redistribution



Fixation stable du traceur pendant au
moins 2 heures

Radiotraceurs

Thallium 201

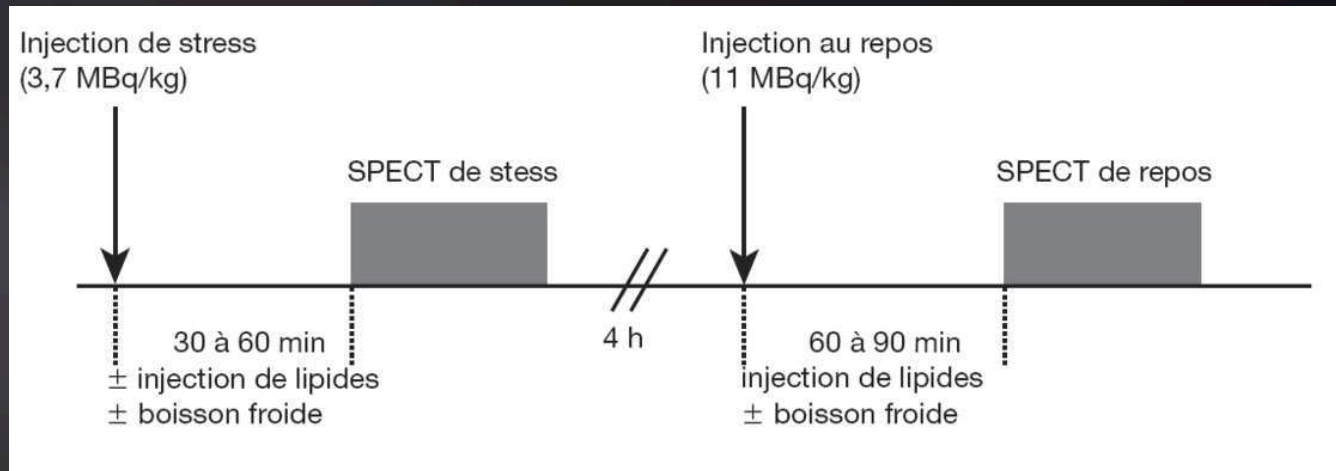
- ▣ Meilleure corrélation avec le flux coronaire
- ▣ Redistribution : les images doivent être enregistrées très rapidement après le stress
- ▣ Qualité d' image moyenne (caméras conventionnelles)
- ▣ Irradiation : 25 à 35 mSv

^{99m}Tc -MIBI

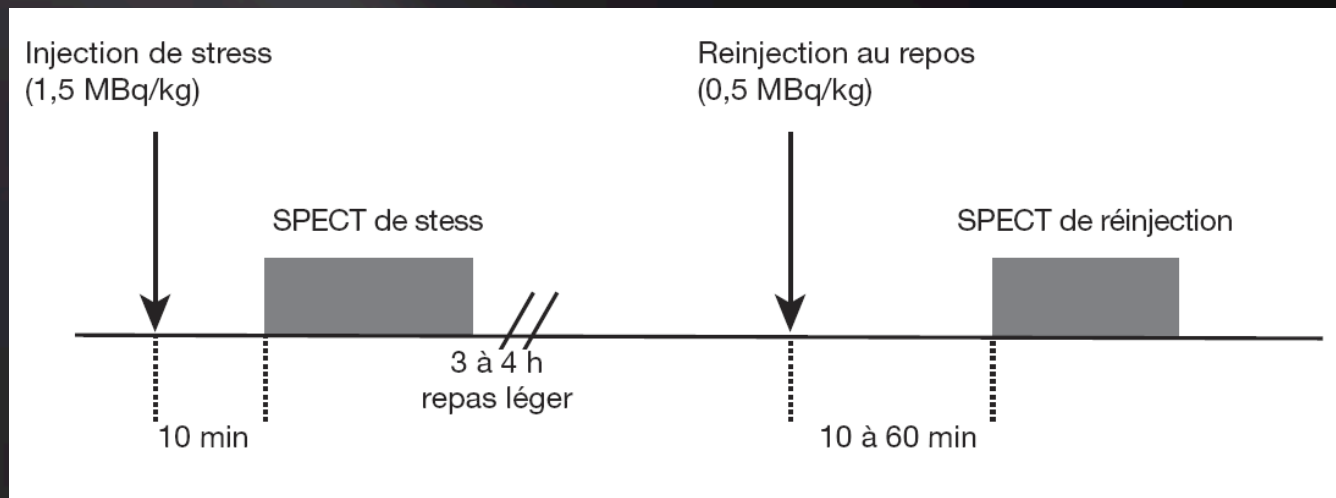
- ▣ Meilleure qualité d' image, surtout pour les patients en surpoids (moins de diffusé)
- ▣ Pas de redistribution (possibilité de réaliser plusieurs acquisitions)
- ▣ Meilleure statistique de comptage : analyse de la contractilité optimisée
- ▣ Irradiation moindre : 10 à 12 mSv

Protocoles habituels (Caméra Anger)

^{99m}Tc -MIBI



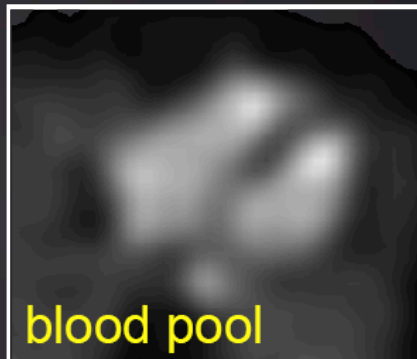
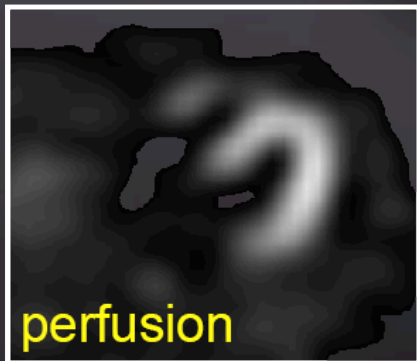
Thallium 201



Recommandations pour la réalisation et l'interprétation de la tomoscintigraphie de perfusion myocardique ; Manrique A, Marie PY, Arch Mal Coeur Vaiss 2003 ; 96(6):695-711

Acquisition des images

ECG gated SPECT imaging



SPECT

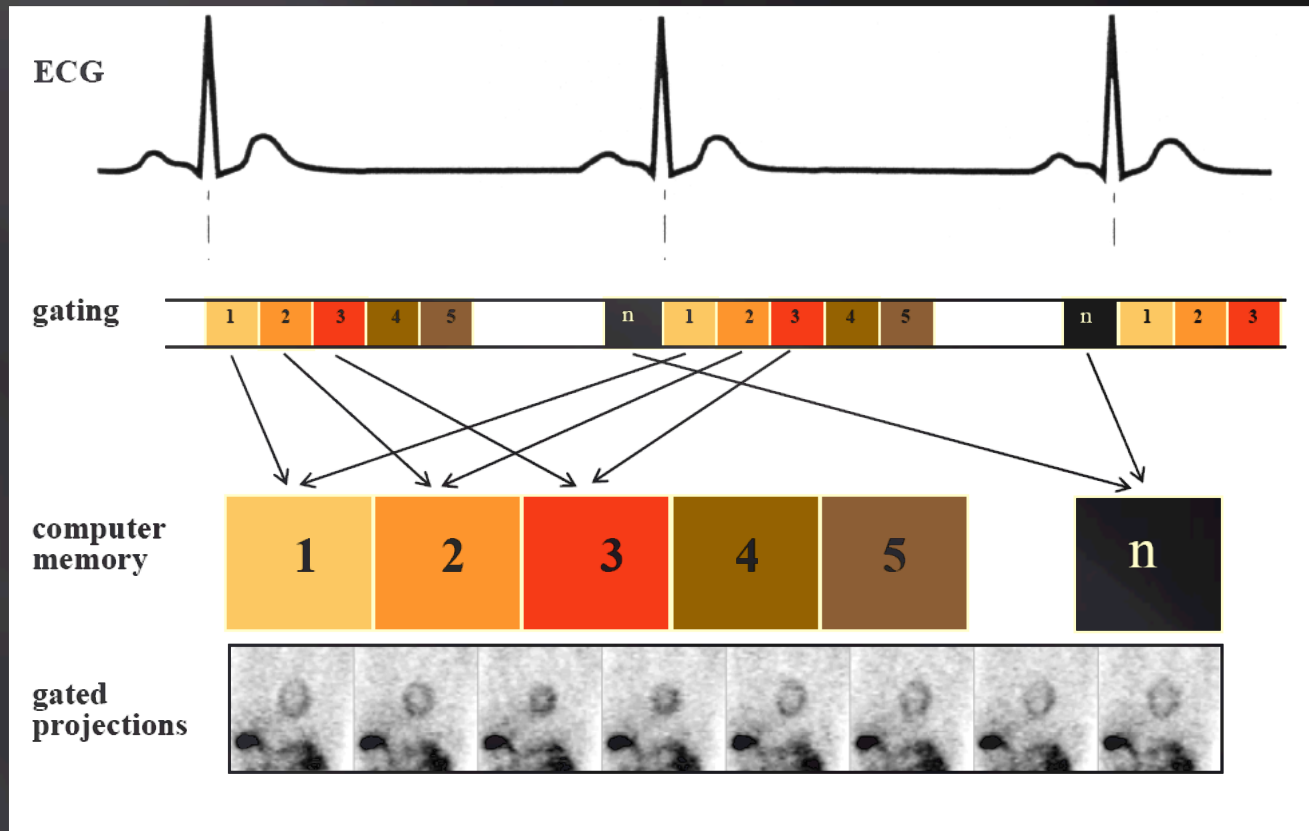


ECG gating



Synchronisation à l'ECG

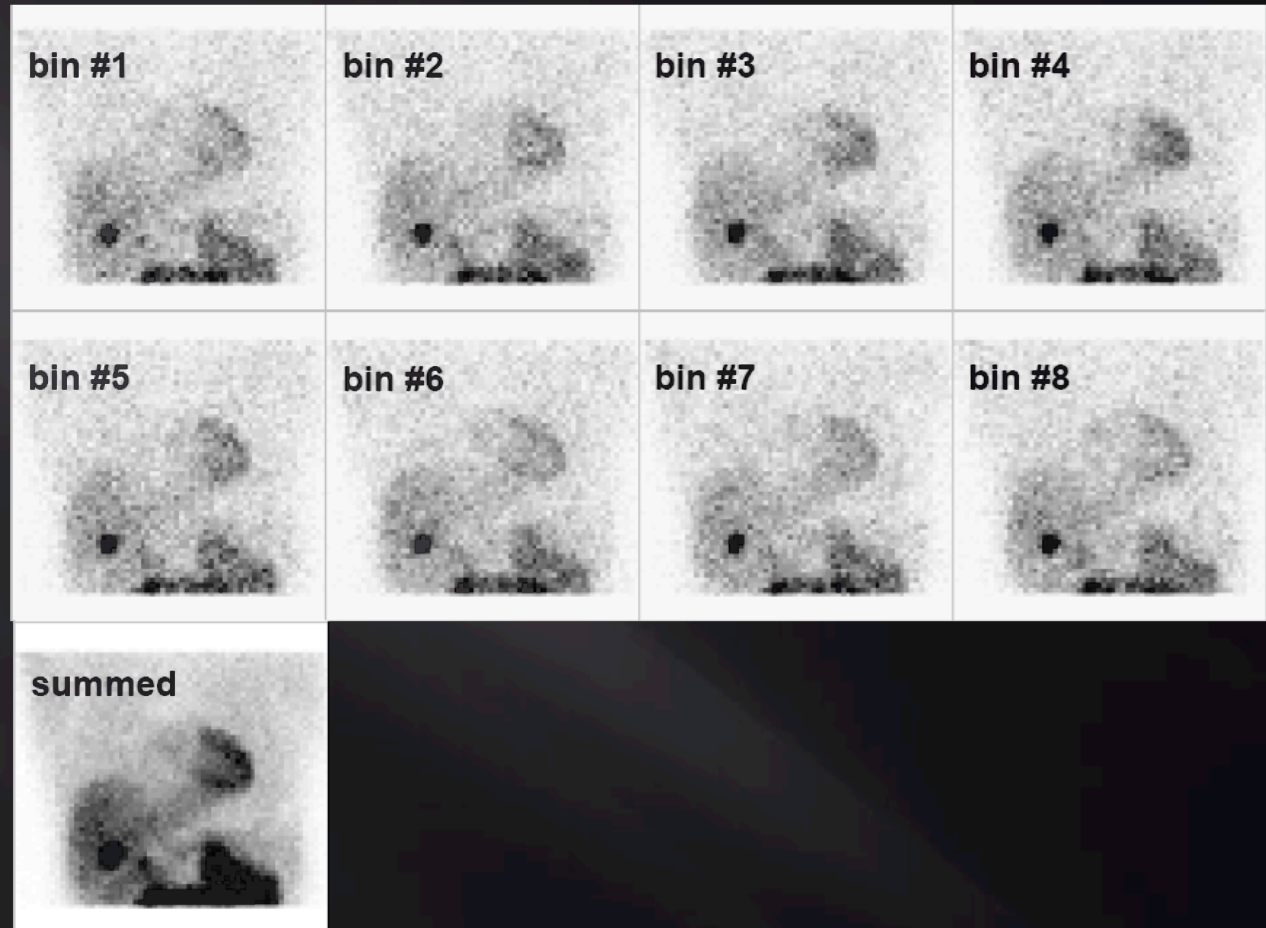
ECG triggering _ frame mode acquisition



Division du
cycle
cardiaque en
8 ou 16
intervalles

Synchronisation à l' ECG

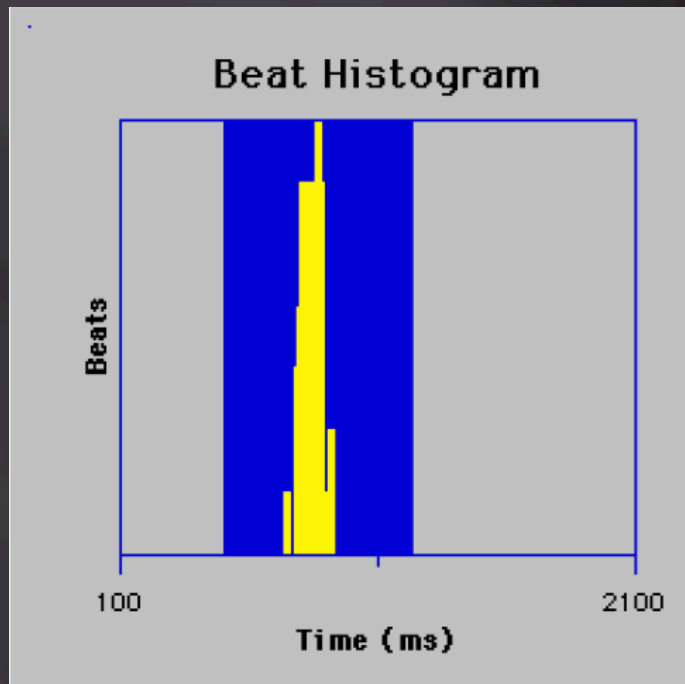
Gated
projections
(8 intervalles)



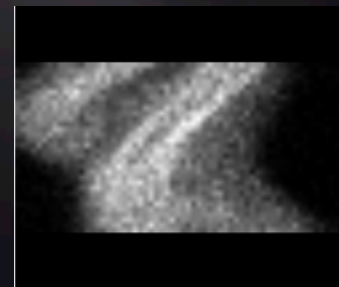
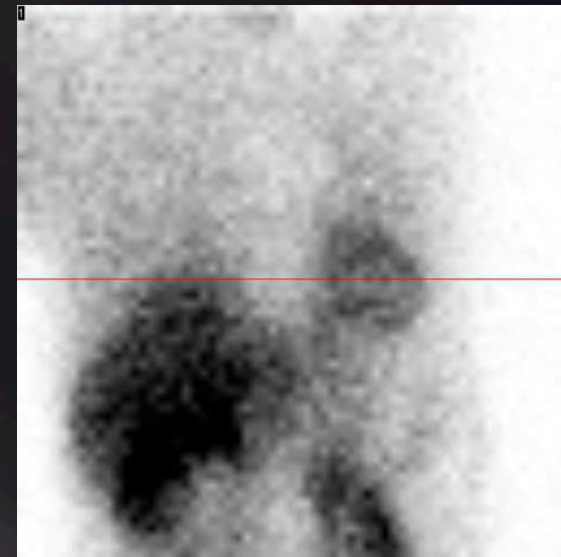
Summed
projection

Contrôle de qualité en Gated-SPECT

Artéfacts de gating (ESV, FA...)



Artéfacts de mouvement,
atténuation, activité digestive

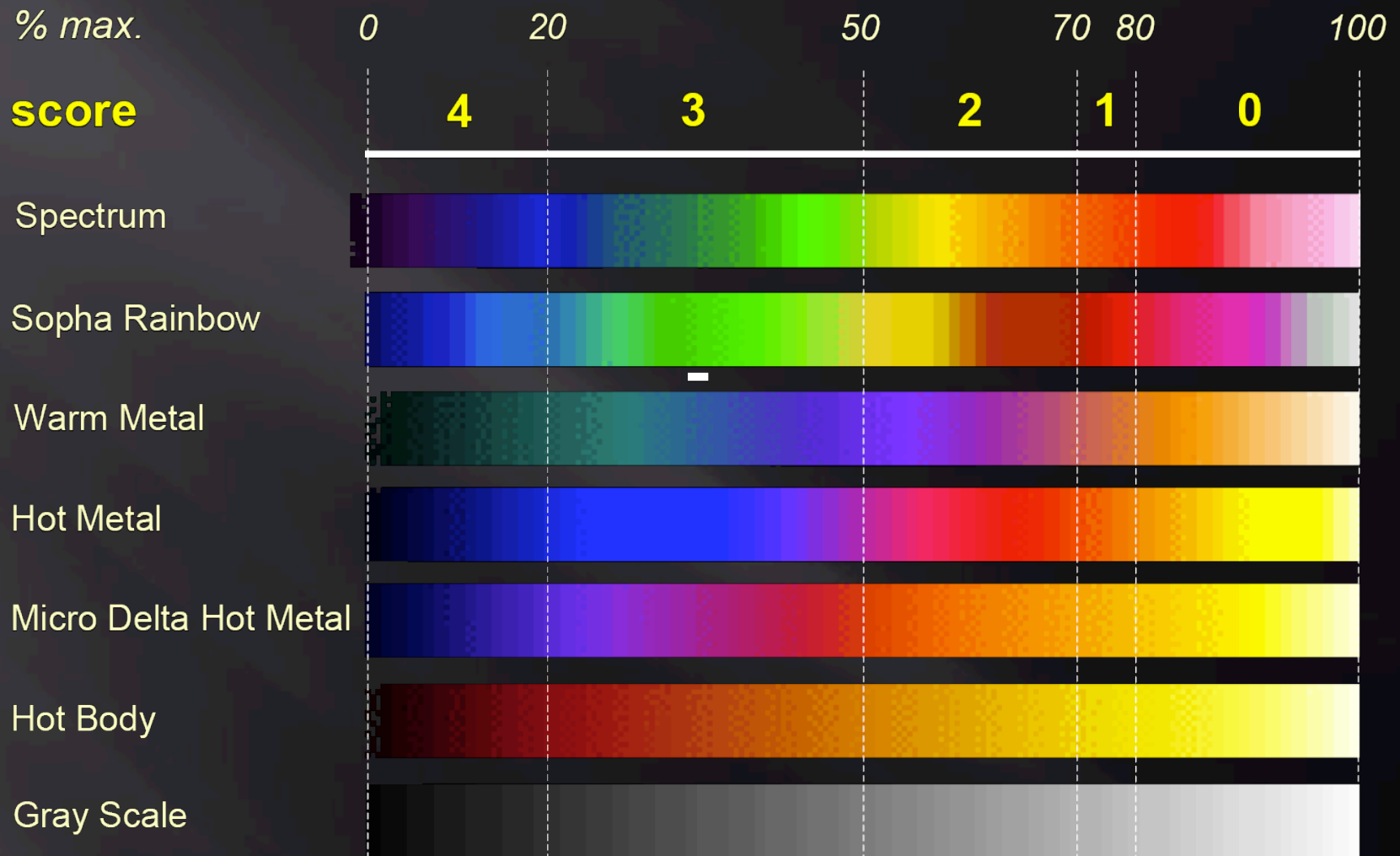


Sinogramme

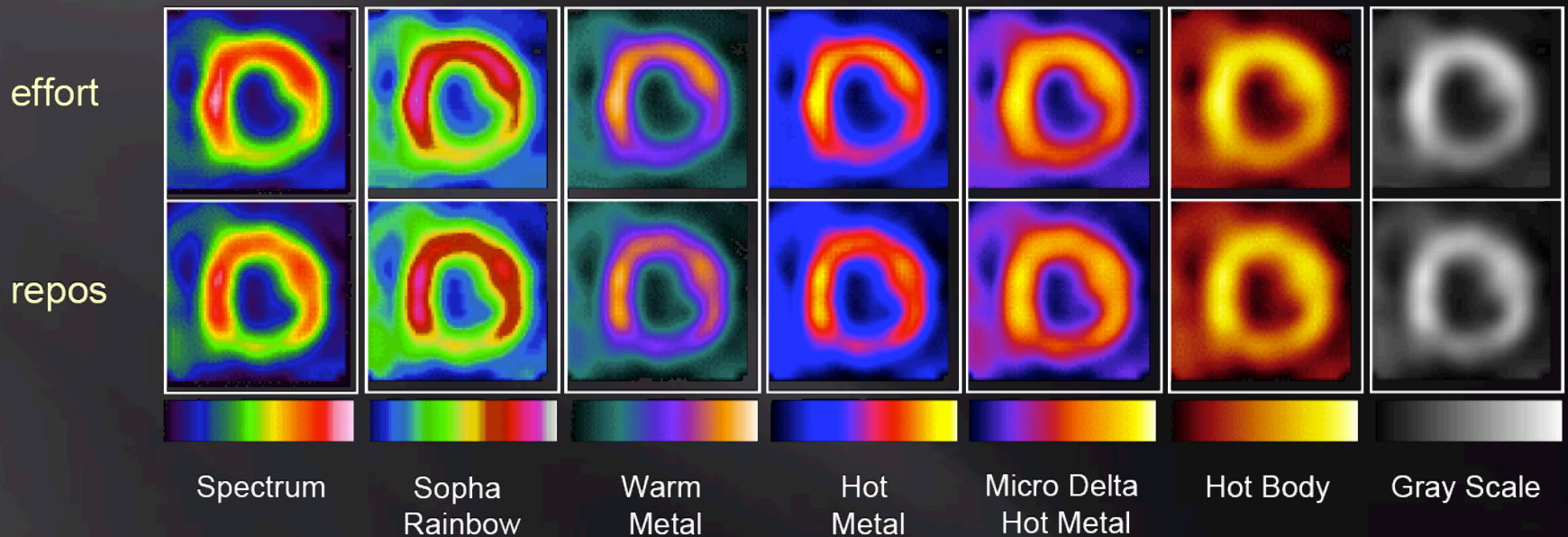


Linogramme

Analyse semi-quantitative de la fixation du traceur



Analyse semi-quantitative de la fixation du traceur



Scintigraphie myocardique de stress

▣ **Indication** : détection de l'ischémie

▣ **Performances diagnostiques** :

- Sensibilité : 91 %

The diagnostic and prognostic value of ECG-gated SPECT myocardial perfusion imaging ; *Go V, Bhatt MR, Hendel RCJ Nucl Med. 2004;45(5):912-21*

- Spécificité : 90 %

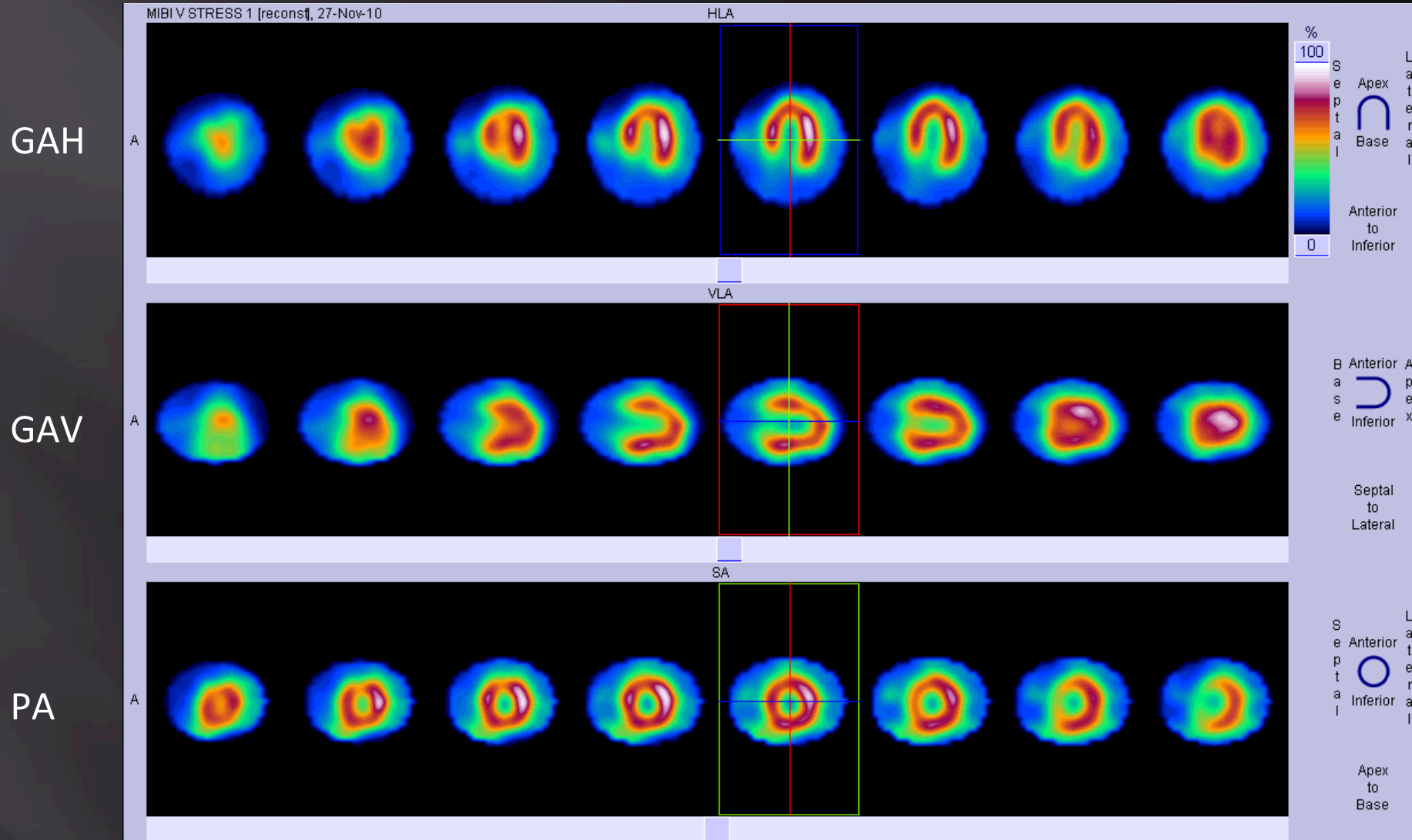
- Identiques entre épreuve d'effort et épreuve pharmacologique

Diagnostic accuracy of dipyridamole technetium 99m-labeled sestamibi myocardial tomography for detection of coronary artery disease ; *Miller DD, Younis LT, Chaitman BR, Stratmann HJ Nucl Cardiol 1997 ; 4(1 Pt 1):18-24*

- Similaires pour les 3 traceurs (Thallium 201, MIBI et Tétrofosmine)

A comparison of three radionuclide myocardial perfusion tracers in clinical practice: the ROBUST study ; *Kapur A, Latus KA, Davies G, Dhawan RT, Eastick S, Jarritt PH, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2002;29(12):1608-16*

Analyse de la perfusion myocardique



Analyse simultanée de la perfusion et de la contractilité myocardique

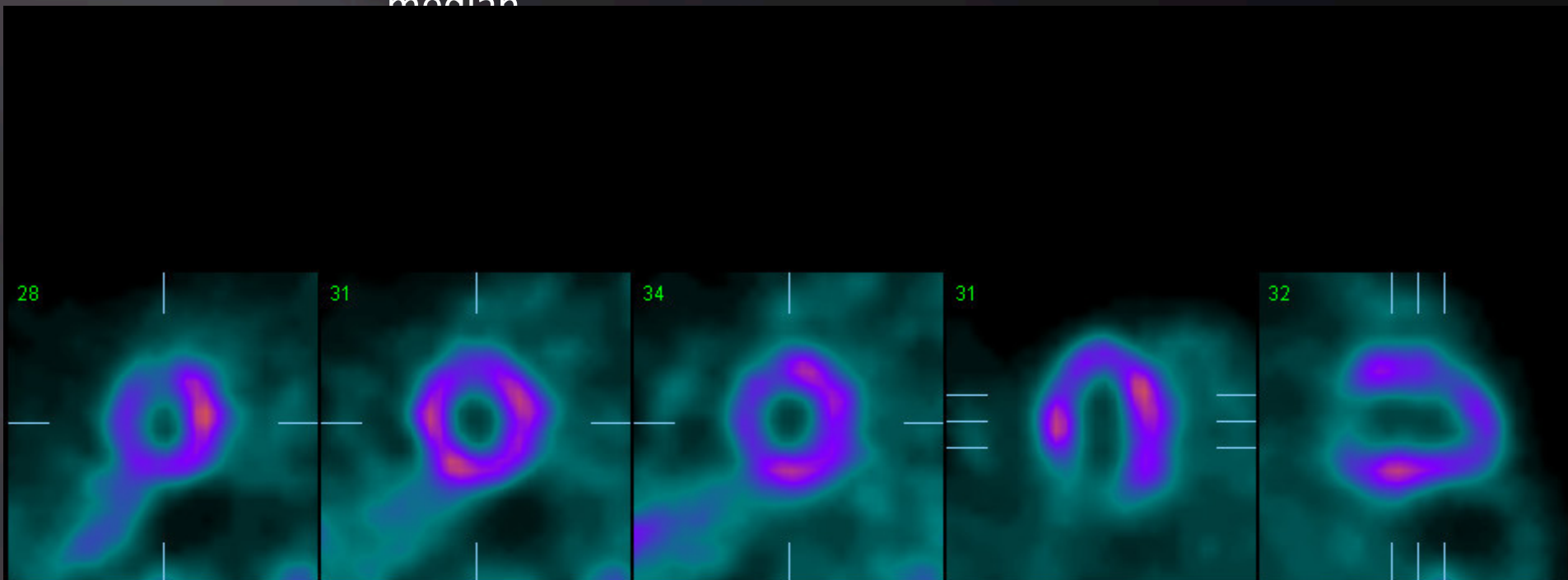
PA distal

PA
médian

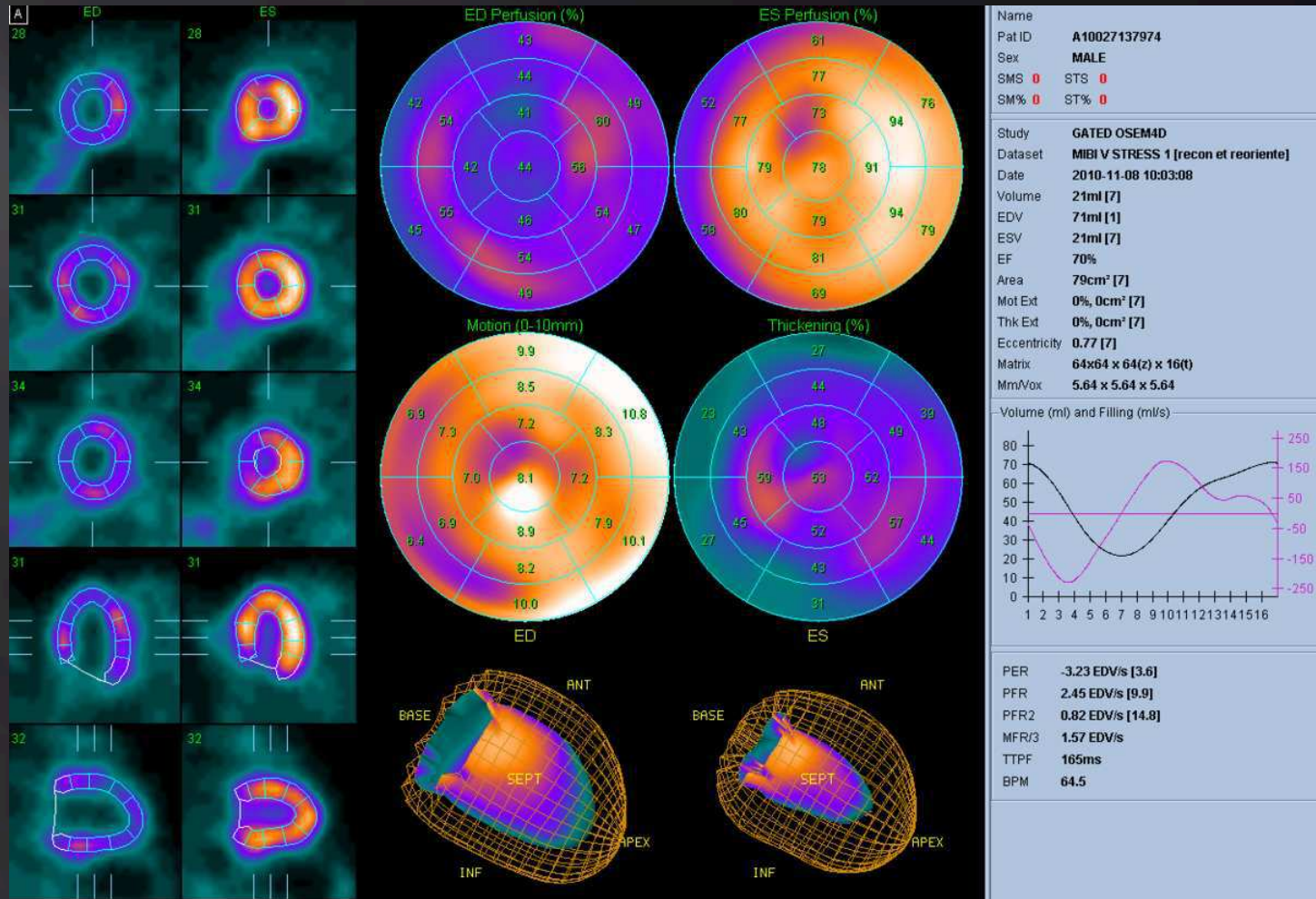
PA basal

GAH

GAV



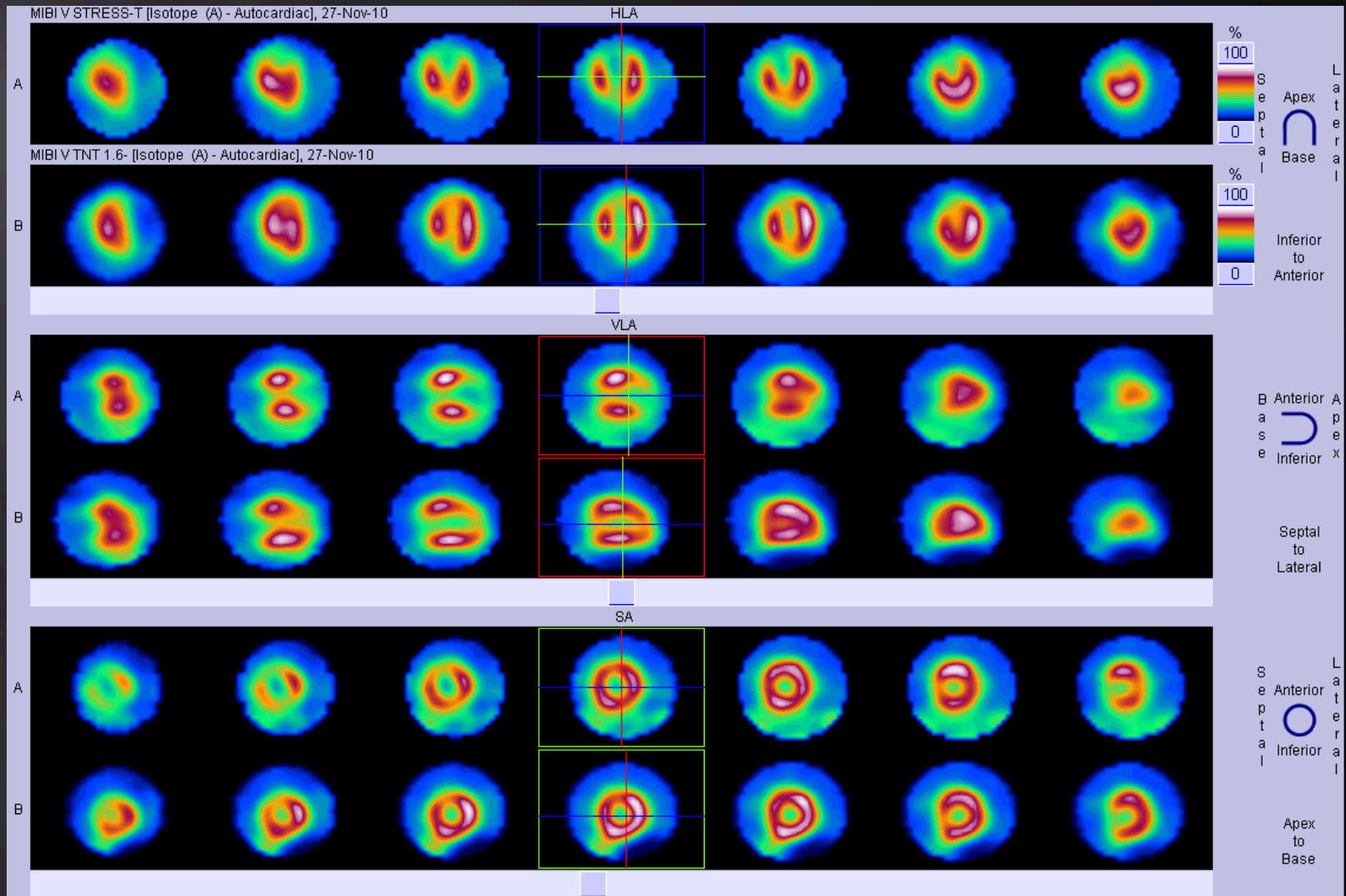
Fonction ventriculaire gauche : QGS®



Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT ; *Germano G, J Nucl Med. 1995 Nov;36(11):2138-47*

Mme A, 69 ans, test diagnostique, EE : 100W 102% FMT, négative cl. et elec.

GAH



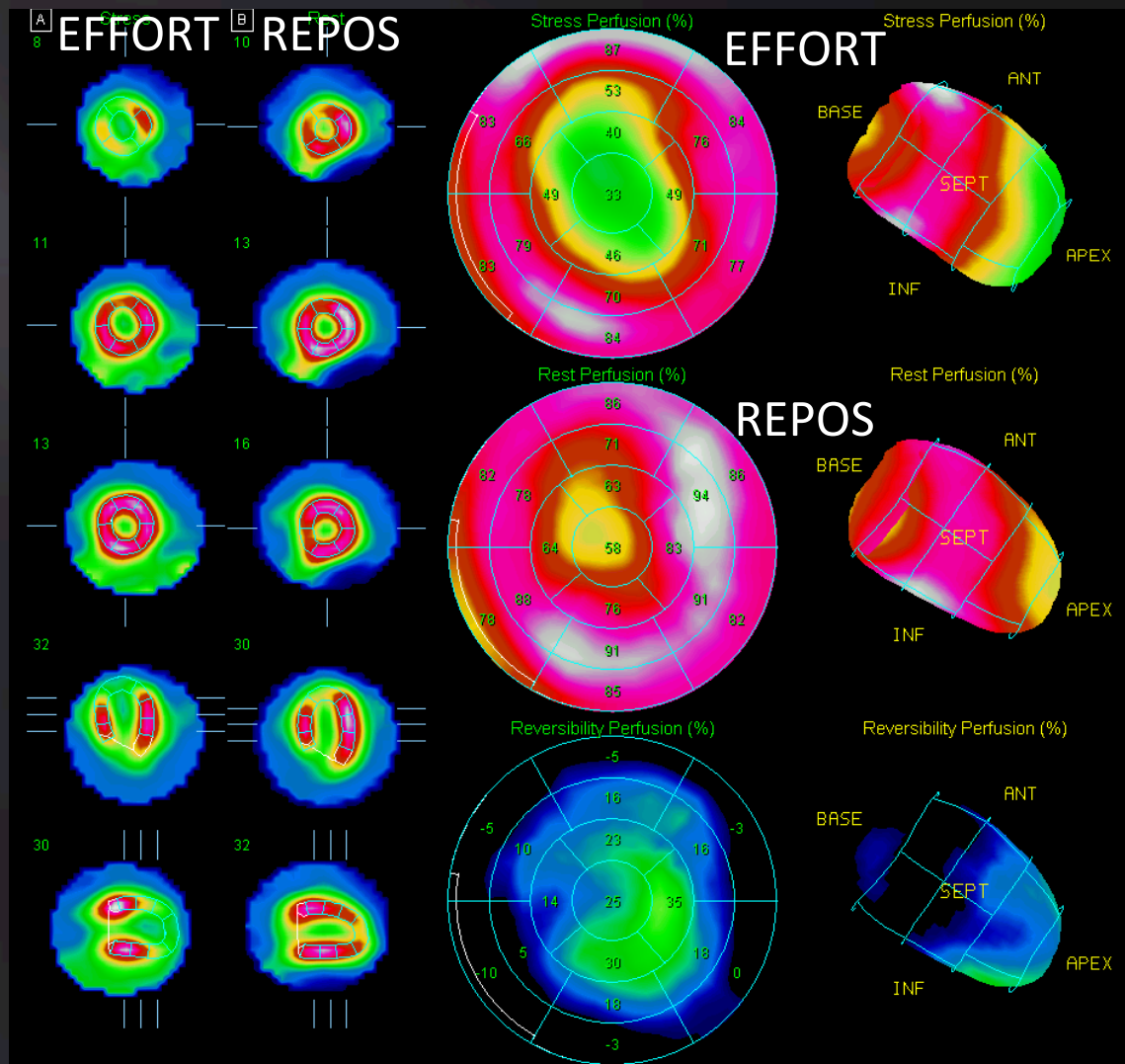
Mme A, 69 ans, test diagnostique, EE : 100W 102% FMT, négative cl. et elec.

Déficit
perfusionnel
réversible

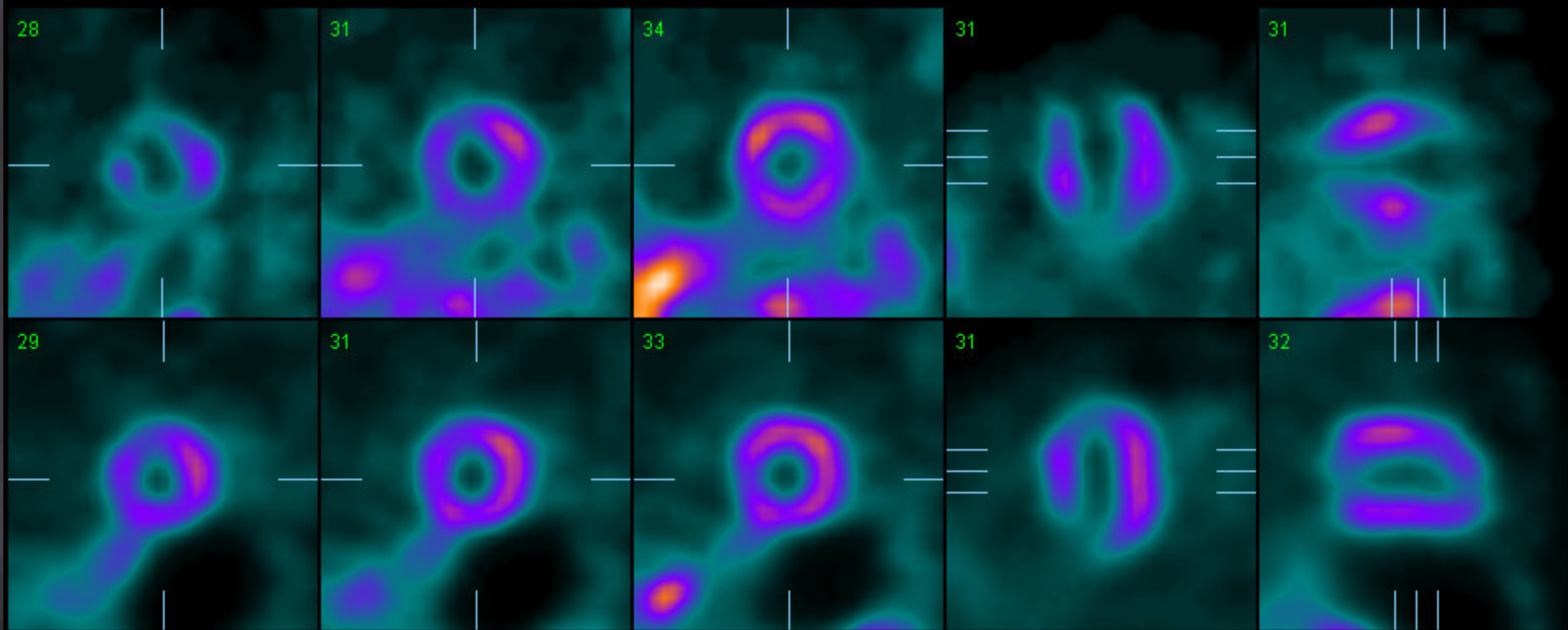
Ischémie
antéro-
septo-
apicale

4 segments:
7, 13, 15, 17

IVA

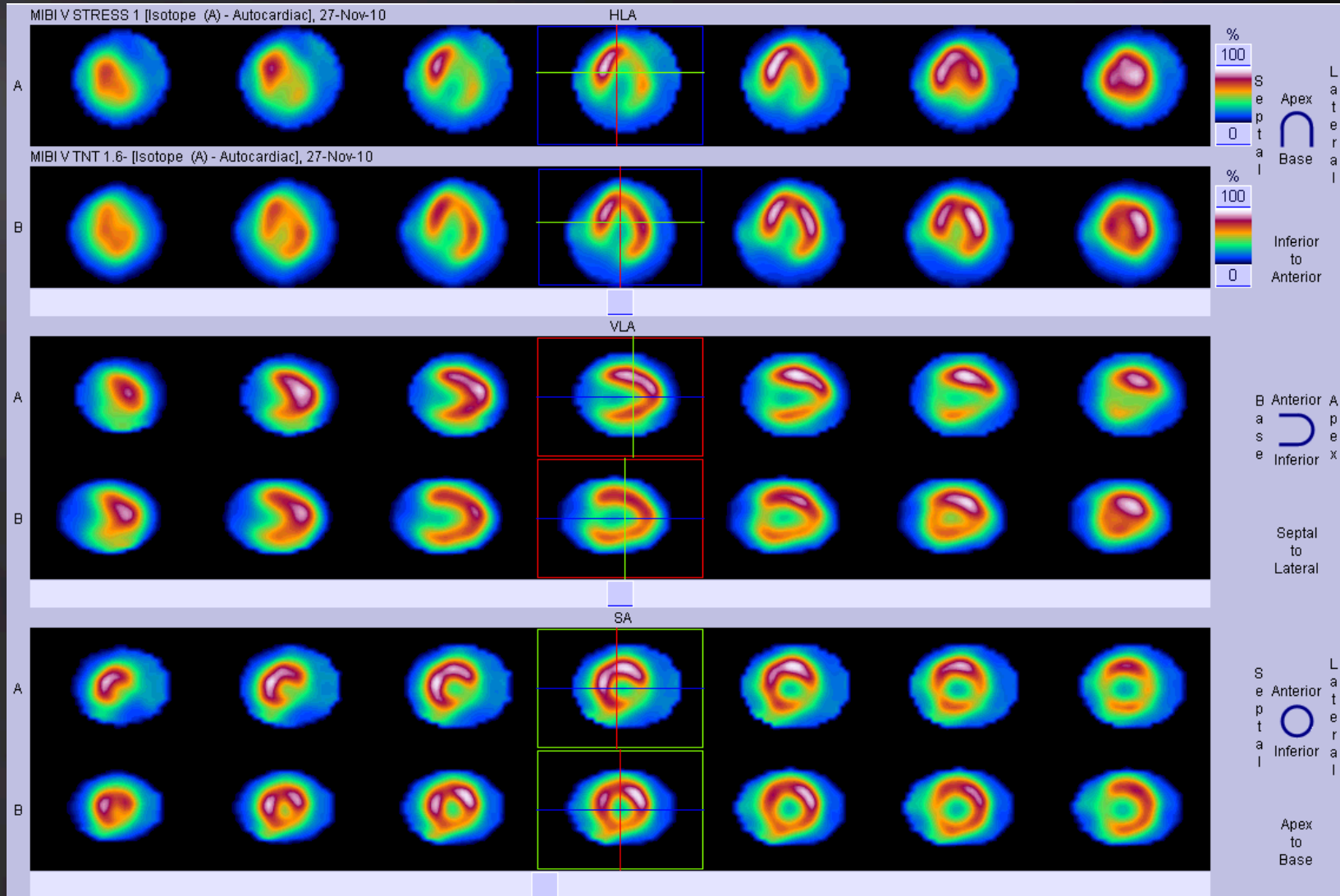


**Mme A, 69 ans, test diagnostique, EE :
100W 102% FMT, négative cl. et elec.**



M. D, 73 ans, angioplastie de l'IVA en 1994, angor. EE : 120W, 80% FMT (maquillée)

GAH



GAV

PA

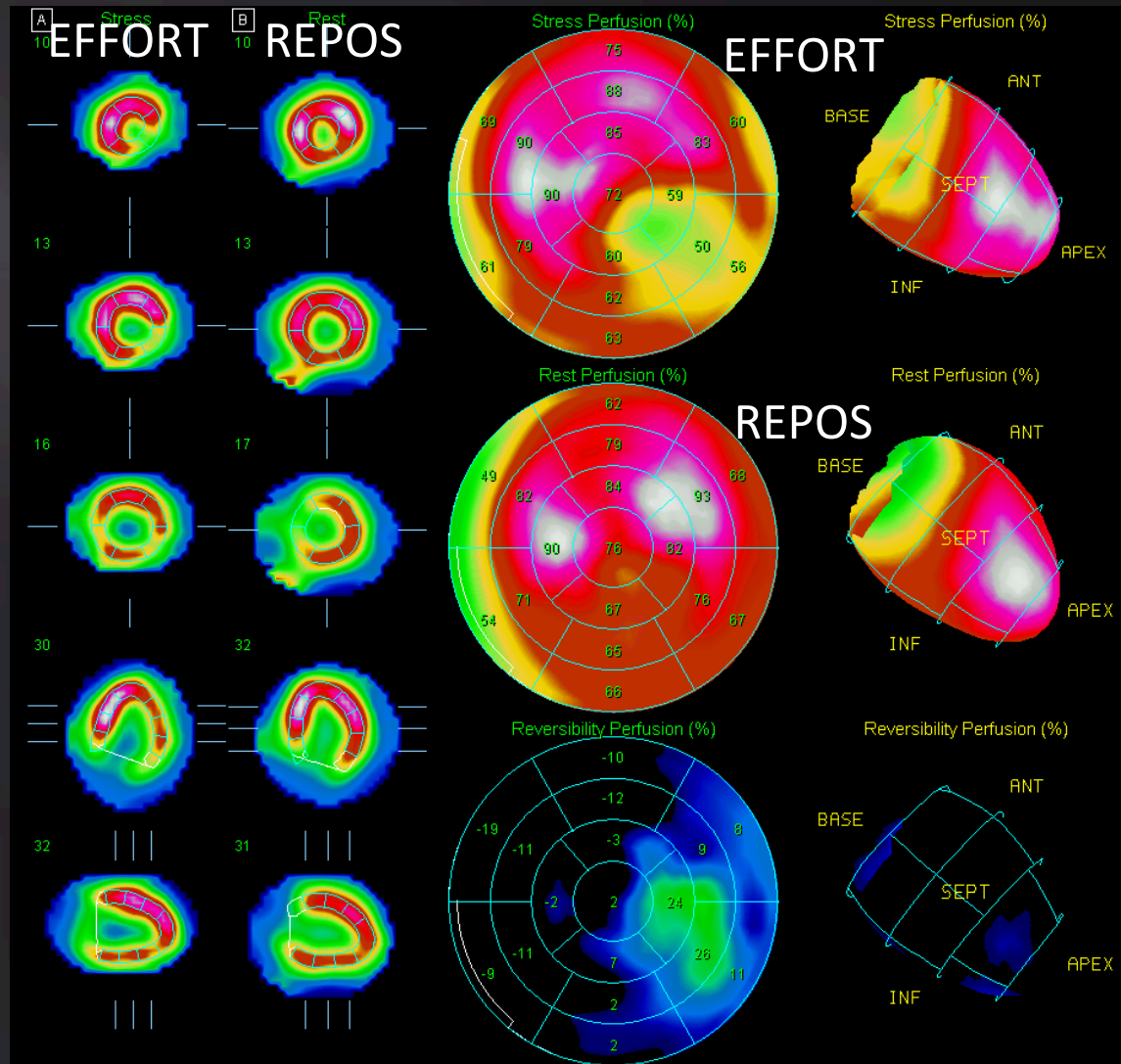
**M. D, 73 ans, angioplastie de l'IVA en 1994,
angor. EE : 120W, 80% FMT (maquillée)**

**Déficit
perfusionnel
réversible**

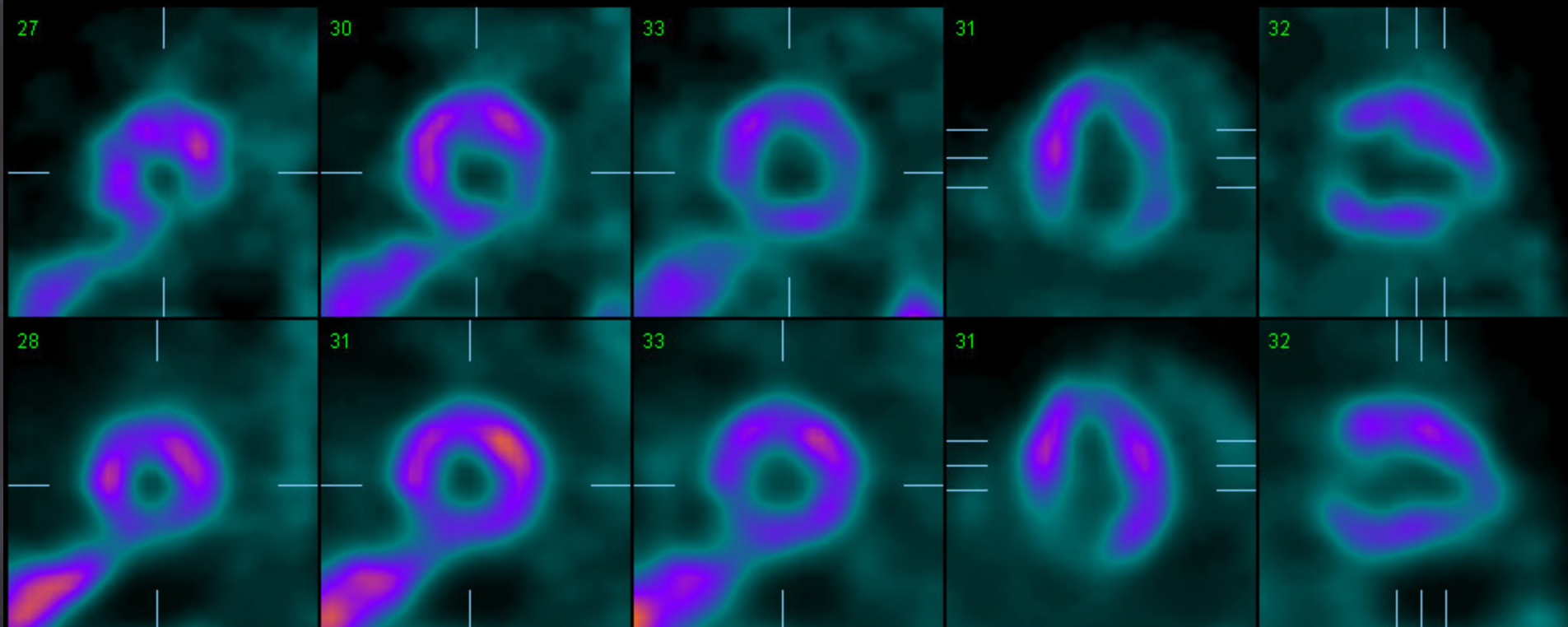
**Ischémie
inféro-
latérale**

**3 segments:
5, 11, 15 ou
16**

CX

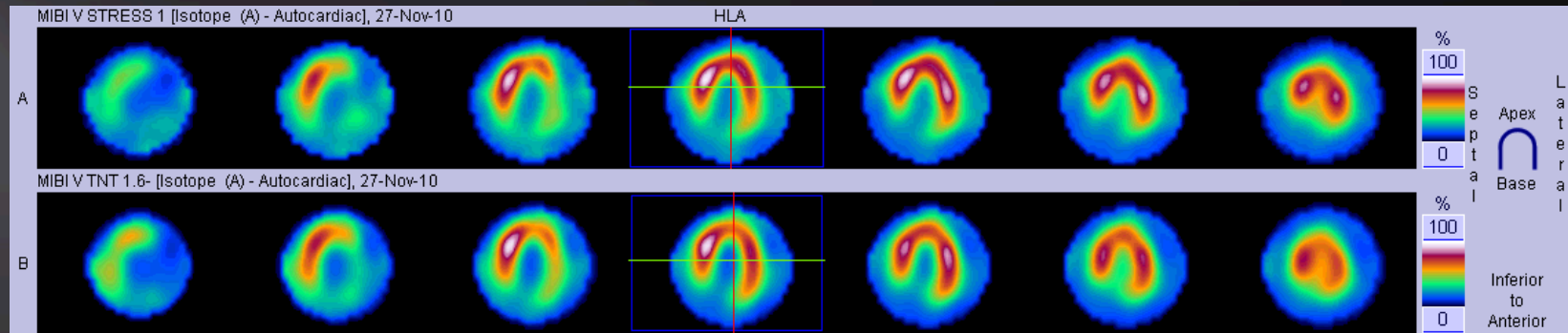


**M. D, 73 ans, angioplastie de l'IVA en 1994,
angor. EE : 120W, 80% FMT (maquillée)**

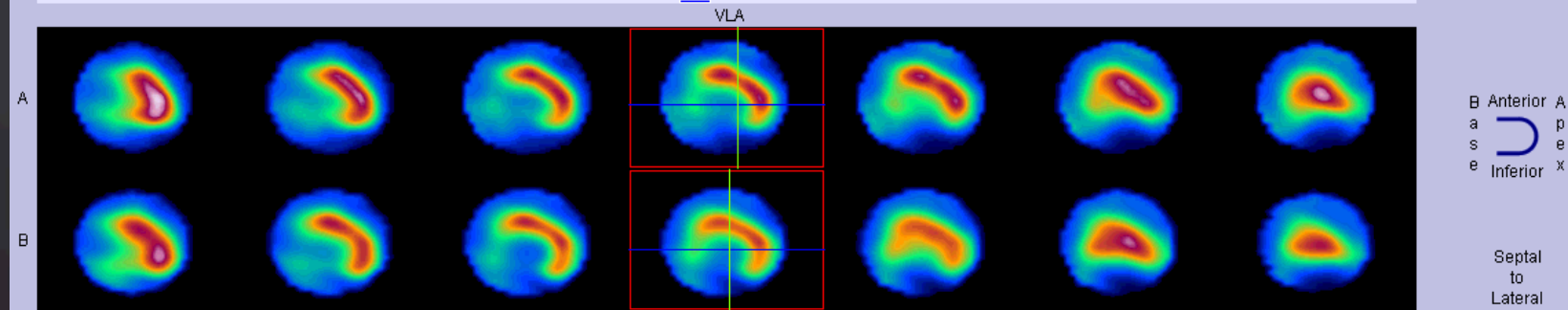


M. C, 70 ans, antécédents d'infarctus et de pontage de l'IVA. EE : 130 W, 100 % FMT, négative cliniquement et suspecte électriquement

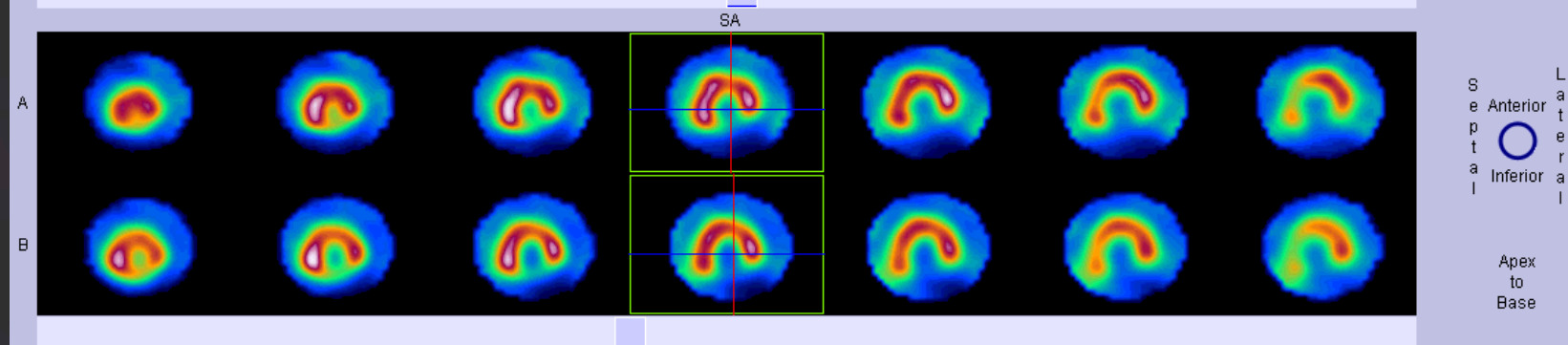
GAH



GAV



PA



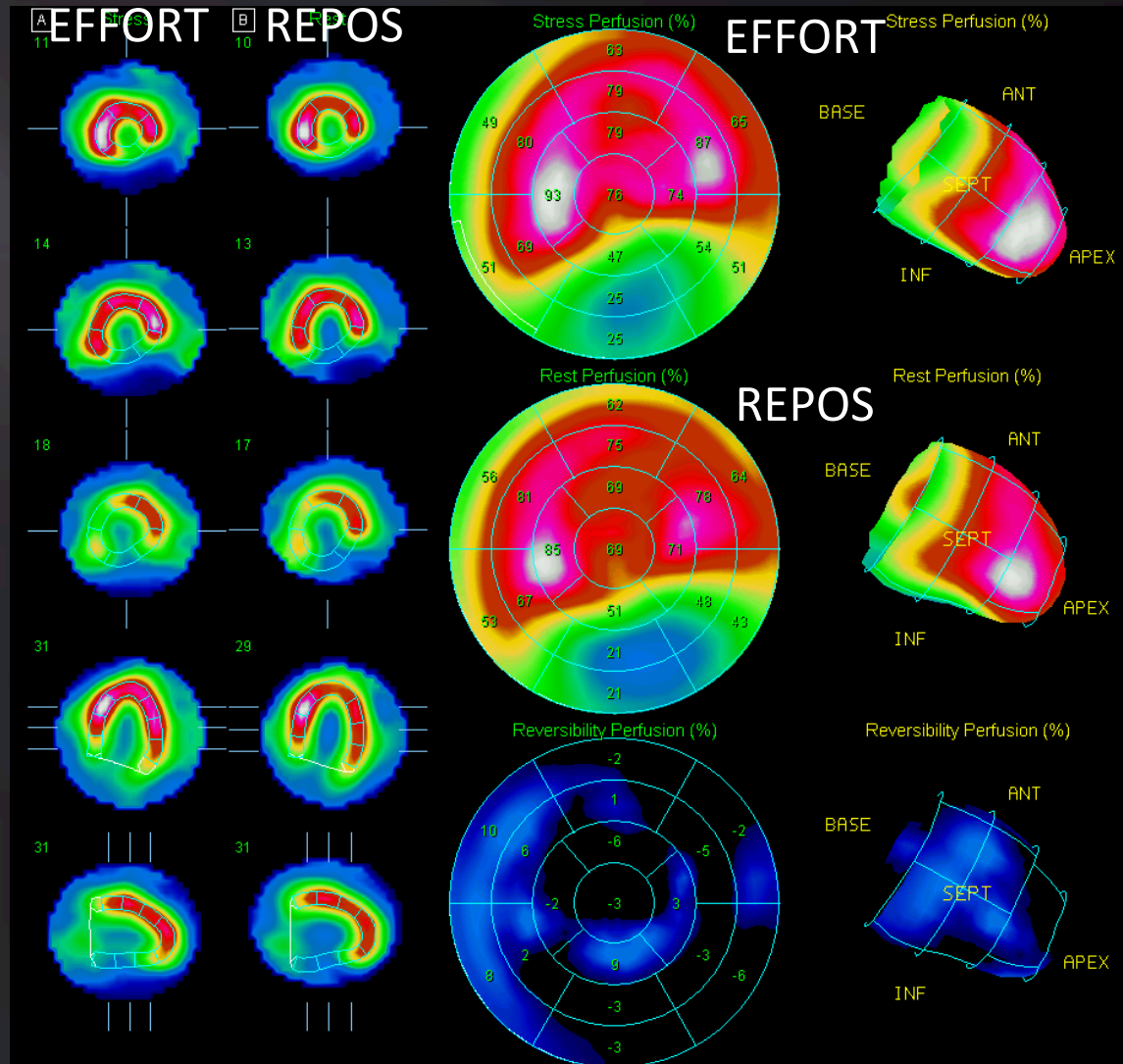
M. C, 70 ans, antécédents d'infarctus et de pontage de l'IVA. EE : 130 W, 100 % FMT, négative cliniquement et suspecte électriquement

**Déficit
perfusionnel
non
réversible**

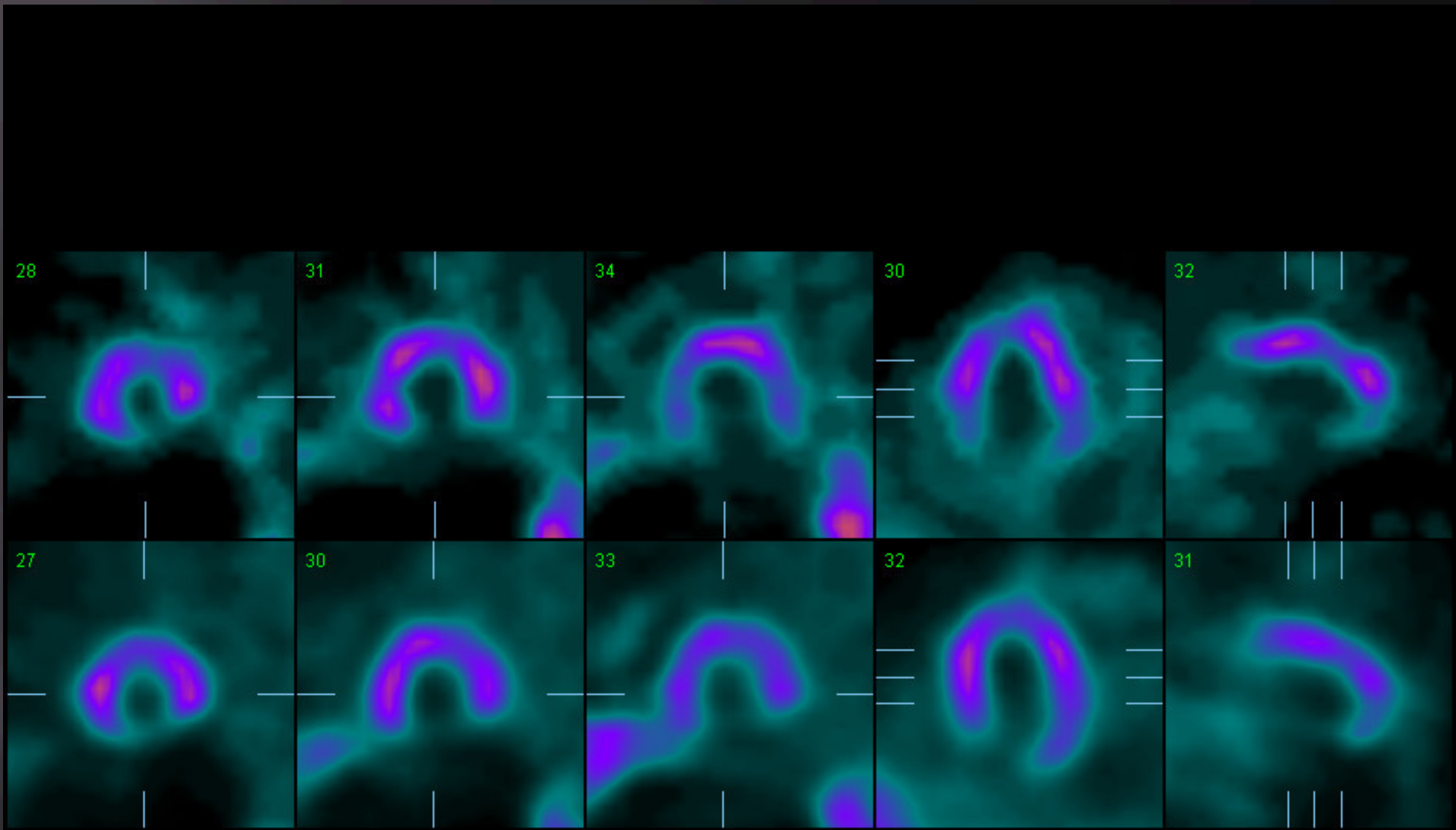
**Infarctus
inférieur**

**5 segments:
4, 5, 10, 11
et 15**

CD

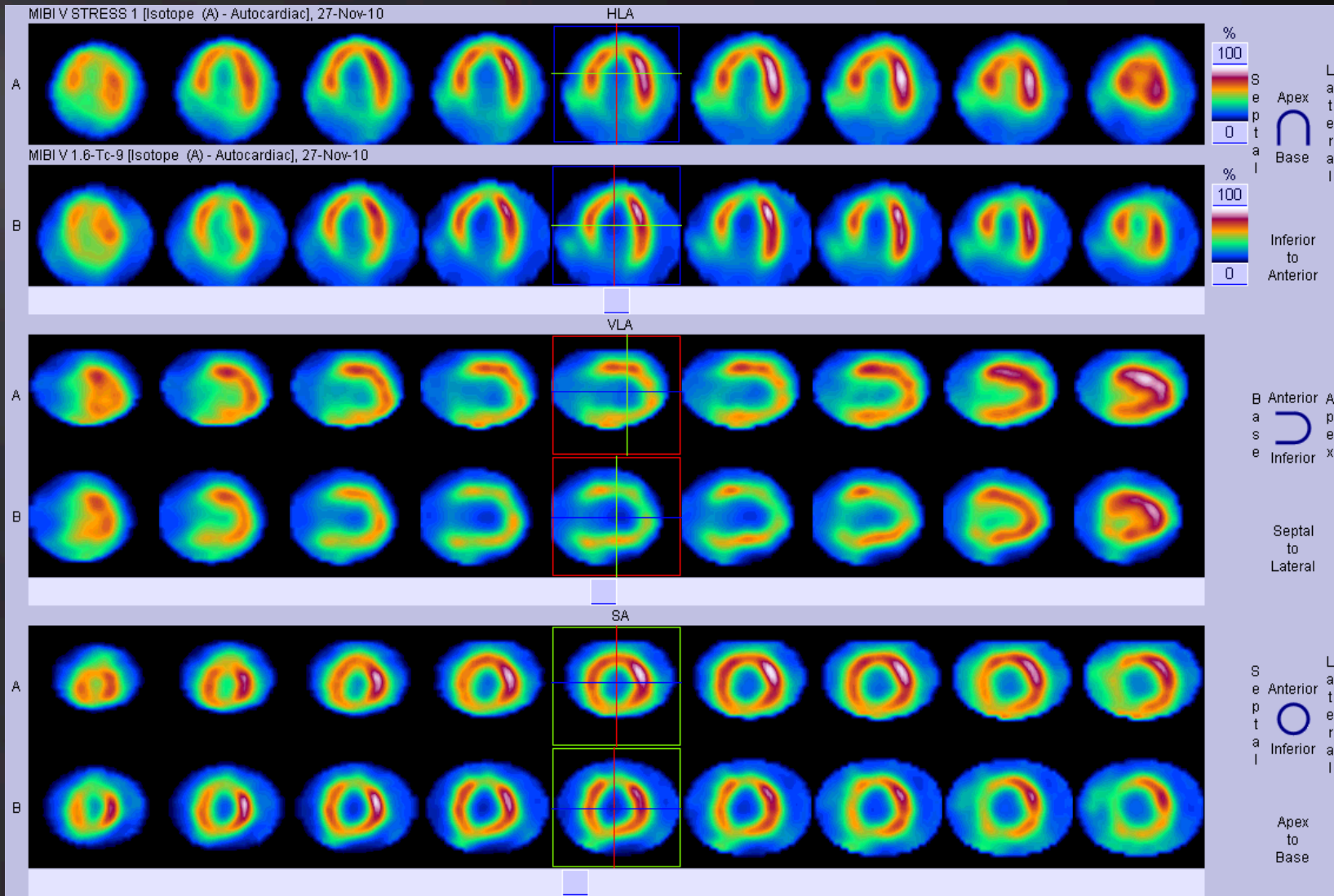


M. C, 70 ans, antécédents d'infarctus et de pontage de l'IVA. EE : 130 W, 100 % FMT, négative cliniquement et suspecte électriquement



M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole

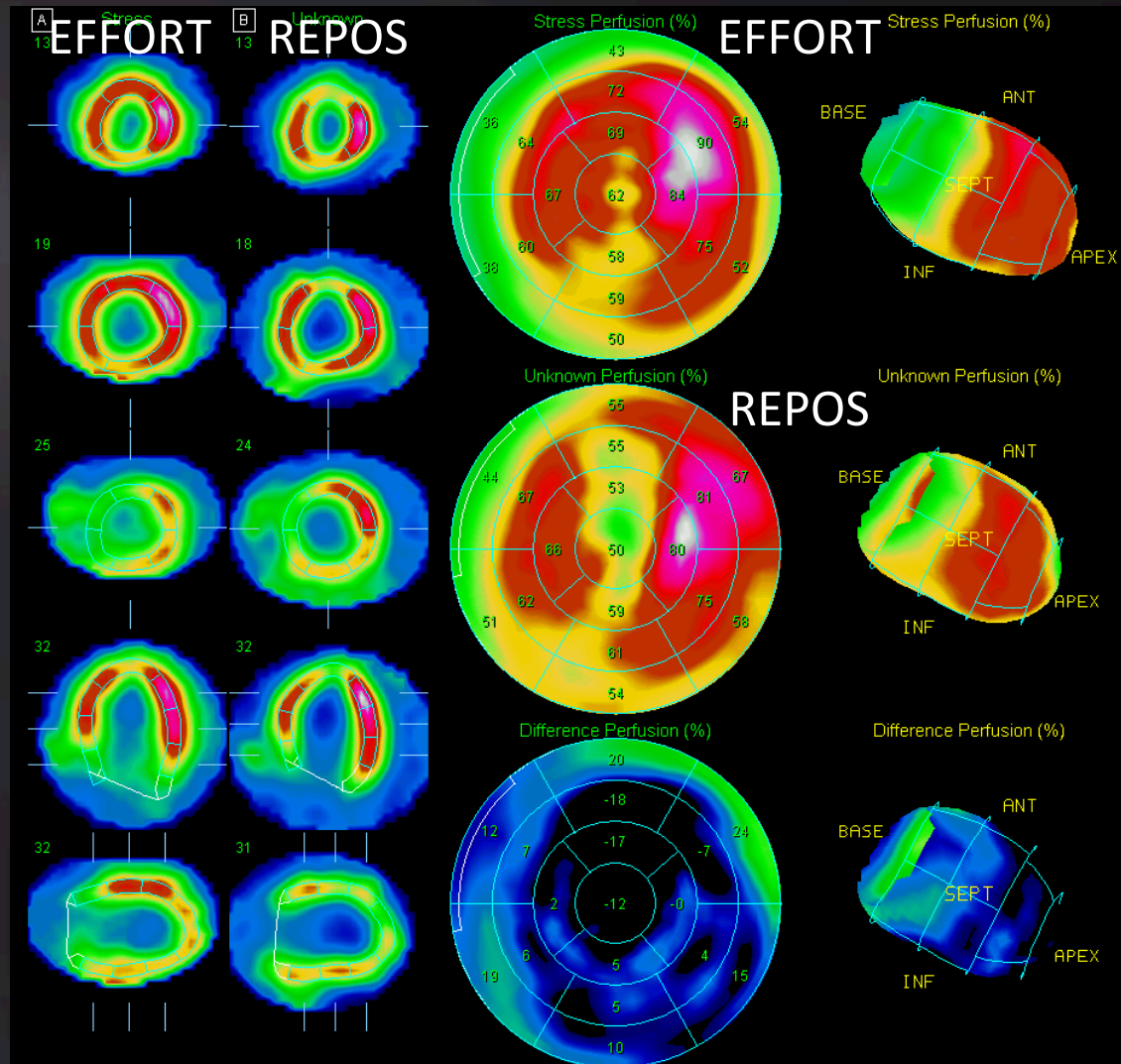
GAH



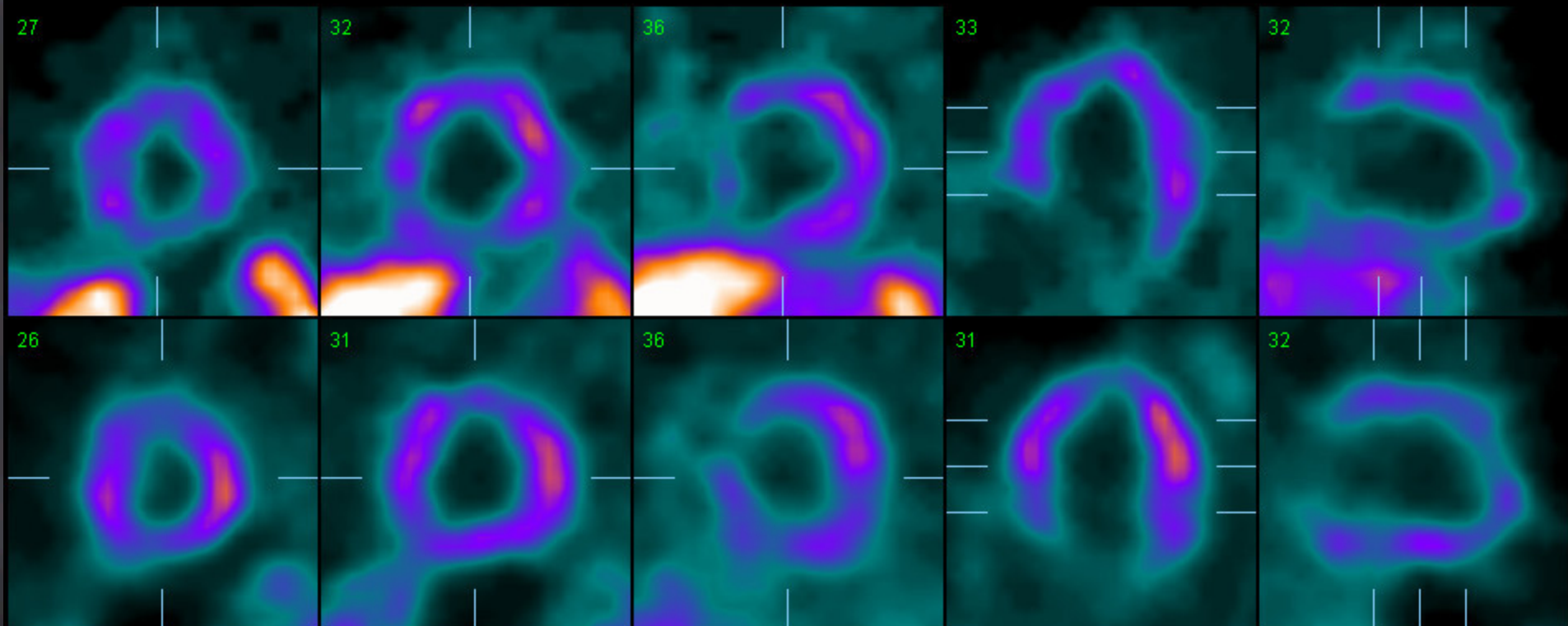
M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole

Anomalies
de la
perfusion
inférieure

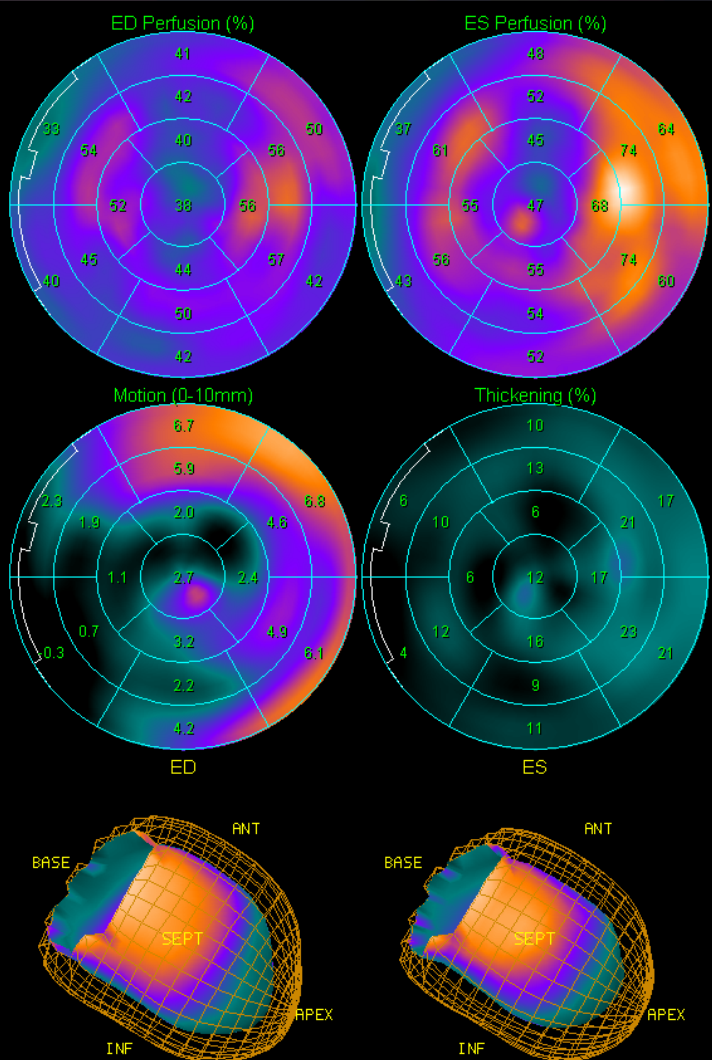
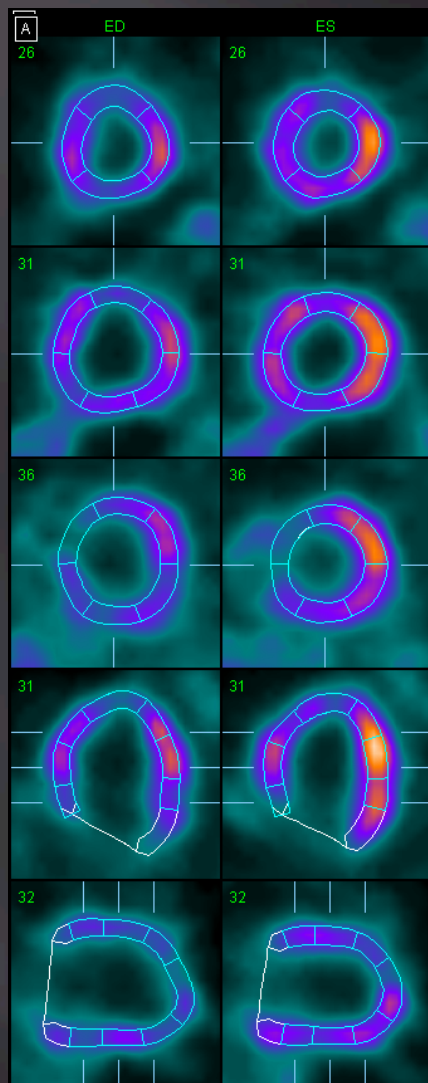
Déficits plus
marqués au
repos.



M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole



M. L, 63 ans, BBG complet, examen diagnostique, test au dipyridamole



Name	
Pat ID	A10011747388
Sex	MALE
SMS	37
STS	27
SM%	44
ST%	53
Study	GATED OSEM4D
Dataset	MIBI V 1.6-Tc-9 [recon et reoriente]
Date	2010-11-27 21:04:46
Volume	215ml [8]
EDV	281ml [1]
ESV	215ml [8]
EF	24%
Area	216cm ² [8]
Mot Ext	68%, 146cm ² [8]
Thk Ext	58%, 124cm ² [8]
Eccentricity	0.74 [8]
Matrix	64x64 x 64(z) x 16(t)
Mm/Vox	5.64 x 5.64 x 5.64
Volume (ml) and Filling (ml/s)	
PER	-1.08 EDV/s [4.5]
PFR	0.77 EDV/s [11.3]
PFR2	
MFR/3	
TTPF	
BPM	

Effort
FEVG =
23%

Repos
FEVG =
24%

**CMD non
ischémique**

Caméra à semi-conducteurs D-SPECT®

Figure 1 : Représentation schématique de l'emplacement des 9 colonnes de détecteurs et de leurs mouvements de balayage en rotation, ce qui permet de focaliser l'enregistrement du signal sur une zone centrale comprenant l'aire cardiaque.

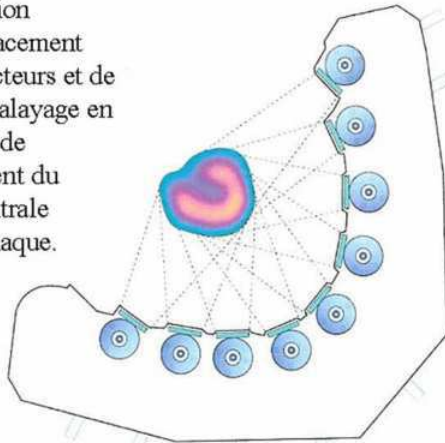
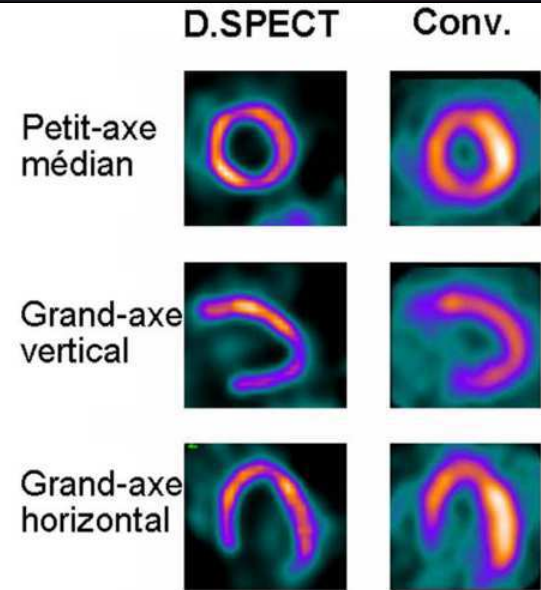


Figure 3 : Enregistrement en position assise d'une TSM par la caméra D-SPECT. On peut noter le très faible encombrement spatial de cette caméra.

Figure 2 : Exemples de TSM au Sestamibi enregistrées par une caméra conventionnelle (Conv.) puis par la caméra D.SPECT chez un même patient. On peut noter les différences dans l'épaisseur des parois du ventricule gauche et dans le niveau d'activité du bruit de fond sanguin, témoignant des meilleures résolutions spatiale et en énergie de la caméra D.SPECT.

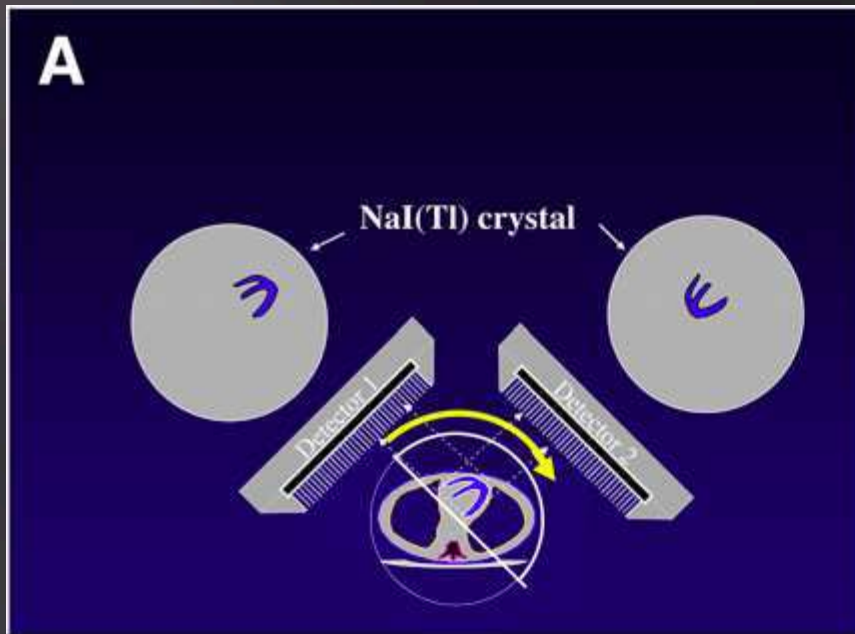


^{99m}Tc -MIBI : 30 mCi $\rightarrow$ 10 mCi

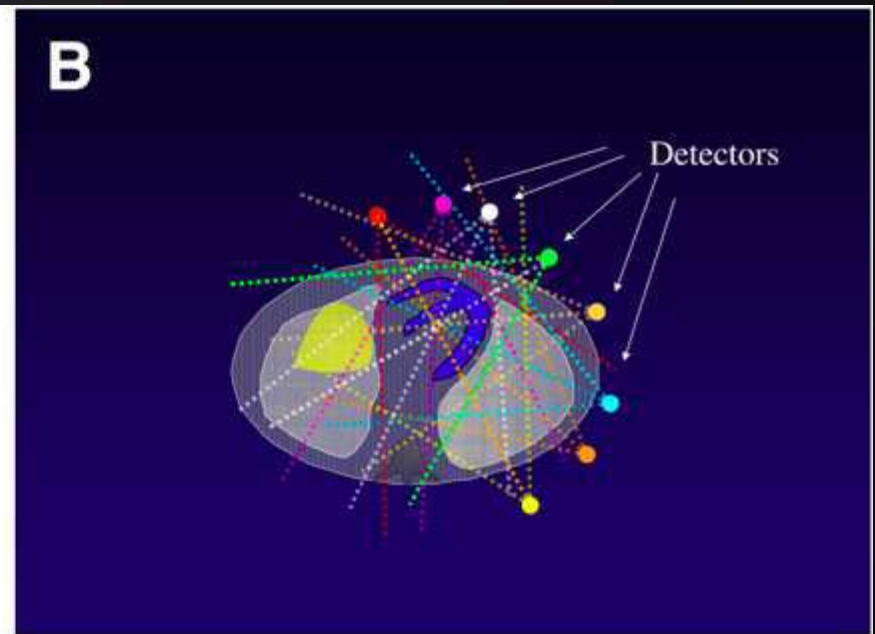
Acquisition : 20 min $\rightarrow$ 8 min

Caméra à semi-conducteurs D-SPECT®

Caméra d' ANGER

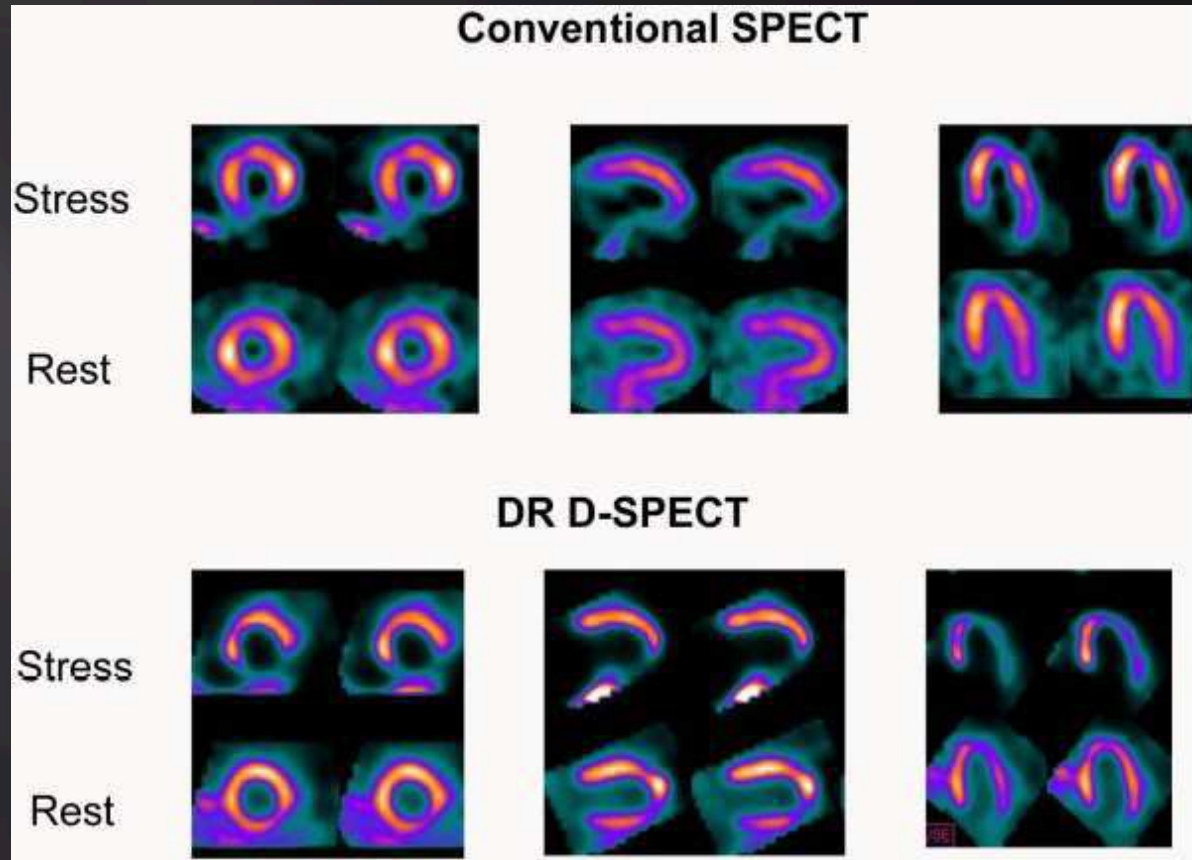


D-SPECT



Gain en sensibilité de 5 à 10 x à résolution identique

DOUBLE ISOTOPE



Effort + Repos simultané
Durée de l'examen 30 à 45 min

Simultaneous Dual Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging With a Solid-State Dedicated Cardiac Camera ; S Ben Haim et al, *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2010 August ; 37(9): 1710–1721

Viabilité myocardique

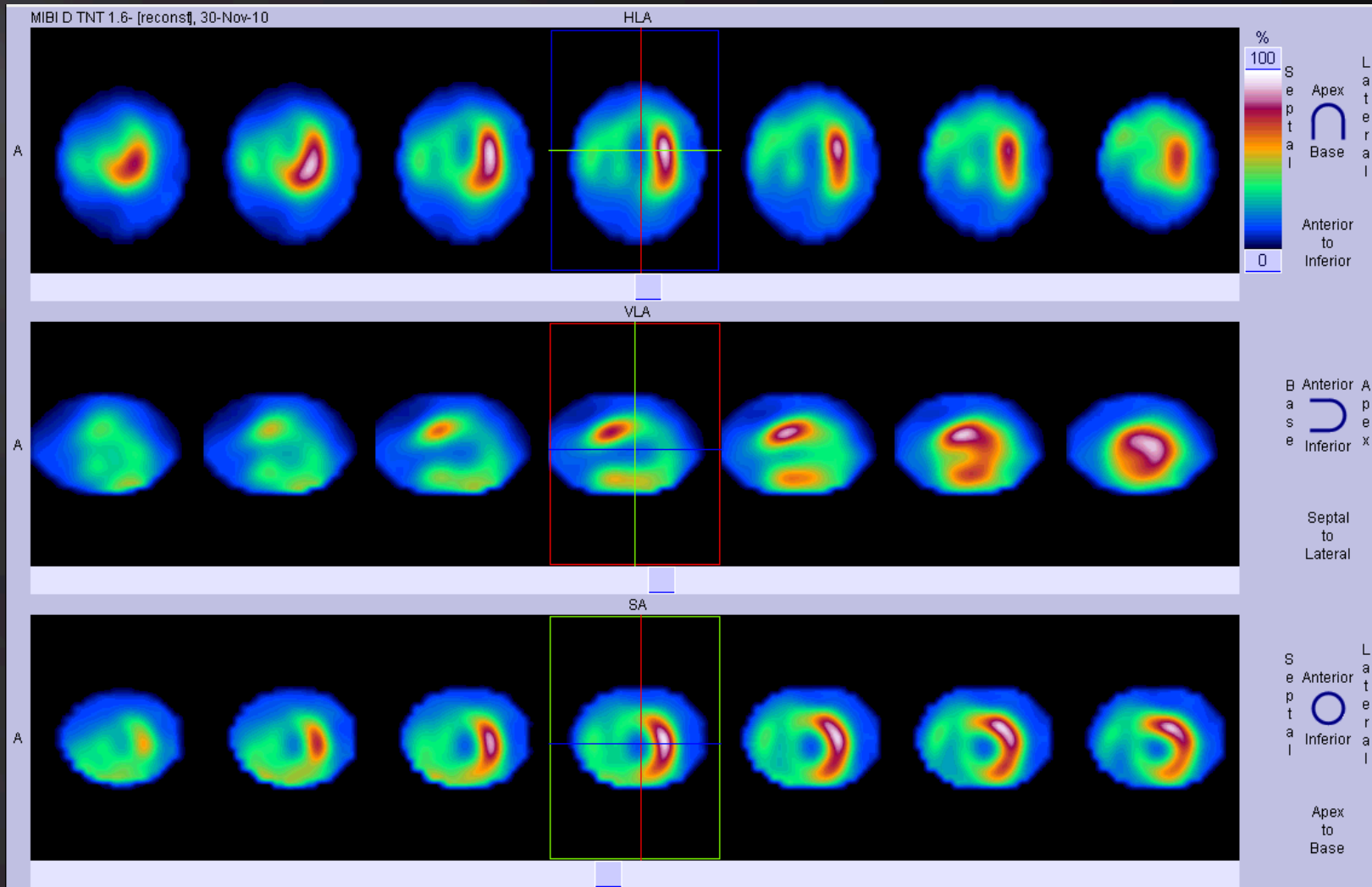
- ▣ Évaluation de la viabilité résiduelle après un SCA avant d'envisager un geste de revascularisation.
- ▣ Scintigraphie myocardique de repos au MIBI sous dérivés nitrés
- ▣ TEP au ^{18}F -FDG
- ▣ IRM cardiaque

Scintigraphie myocardique de repos

- ▣ ^{99m}Tc -MIBI
 - ▣ Administration préalable de dérivés nitrés : permet d'apprécier la réserve coronaire
 - ▣ Gated-SPECT : mesure des volumes cavitaires et de la FEVG
-
- ▣ Thallium 201
 - ▣ Images tardives à 4 heures après redistribution
 - ▣ Gated-SPECT

Mme N, 63 ans, IDM inférieur + extension VD

GAH



GAV

PA

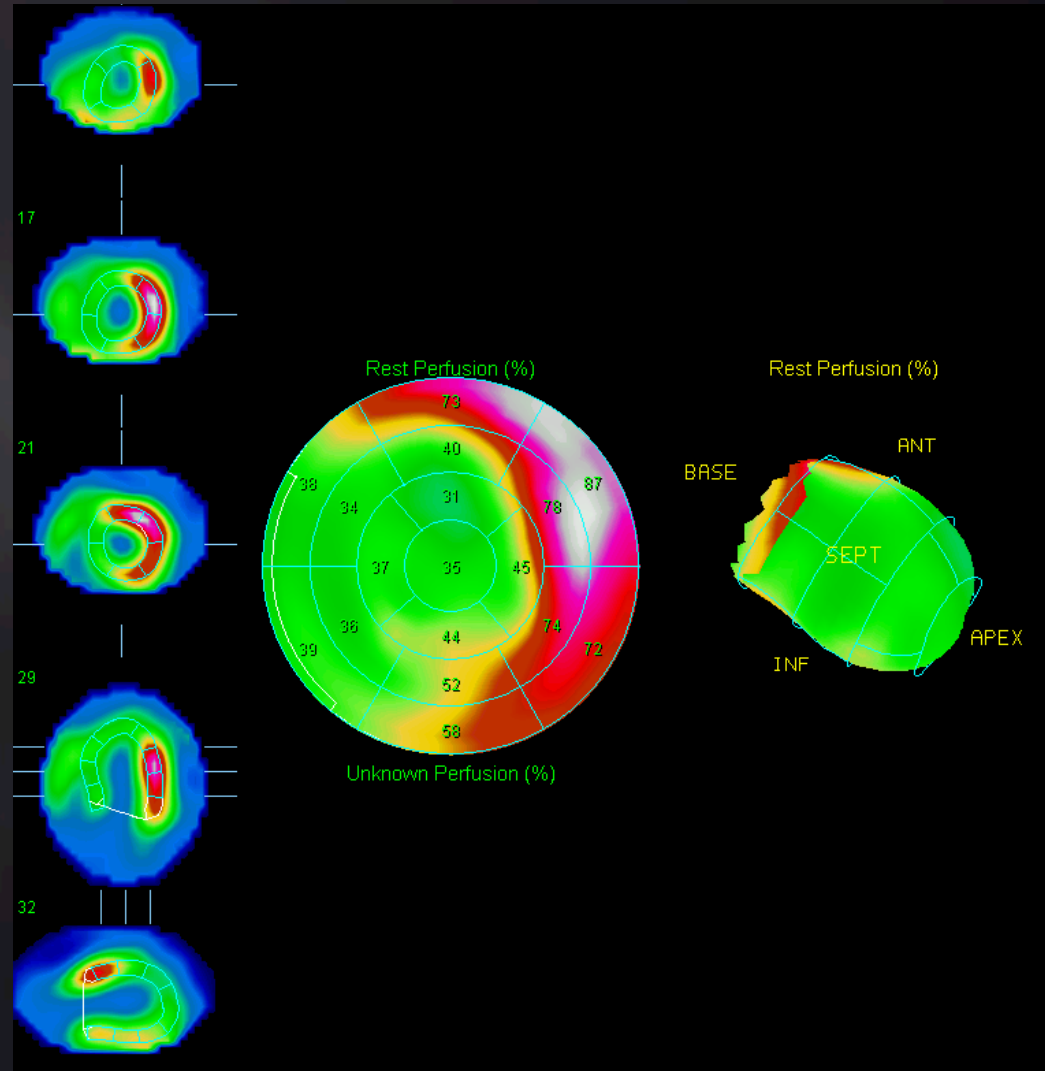
Mme N, 63 ans, IDM inférieur + extension VD

IDM antéro-
septo-apical et
inférieur

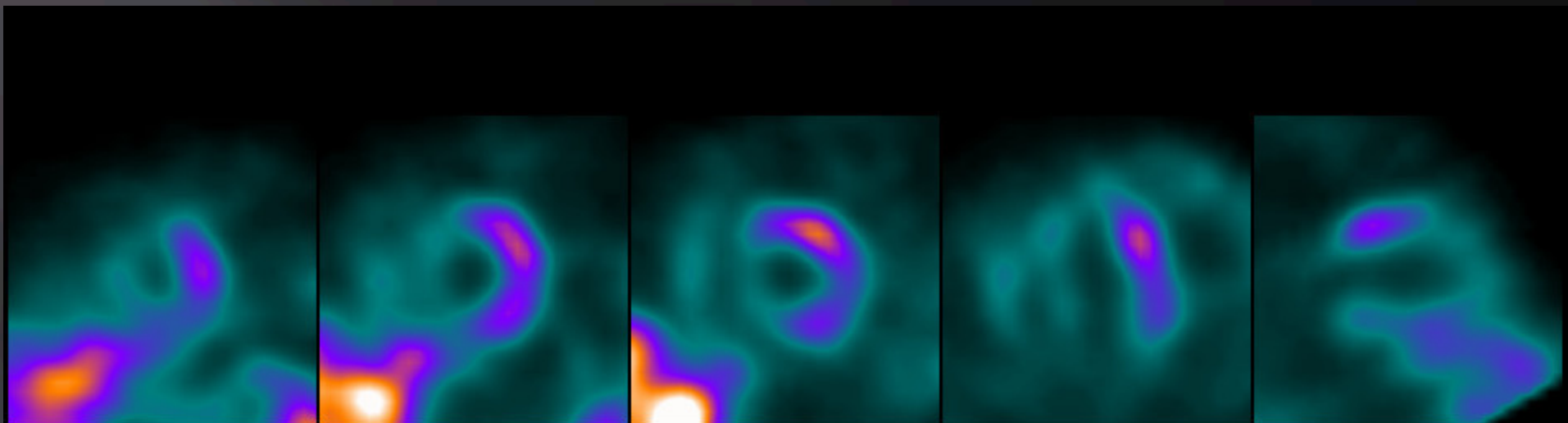
Viabilité IVA :
1/3 proximal de
la paroi
antérieure

IDM inférieur

Viabilité CD :
2/3 proximaux
de la paroi
inféro-latérale



Mme N, 63 ans, IDM inférieur + extension VD

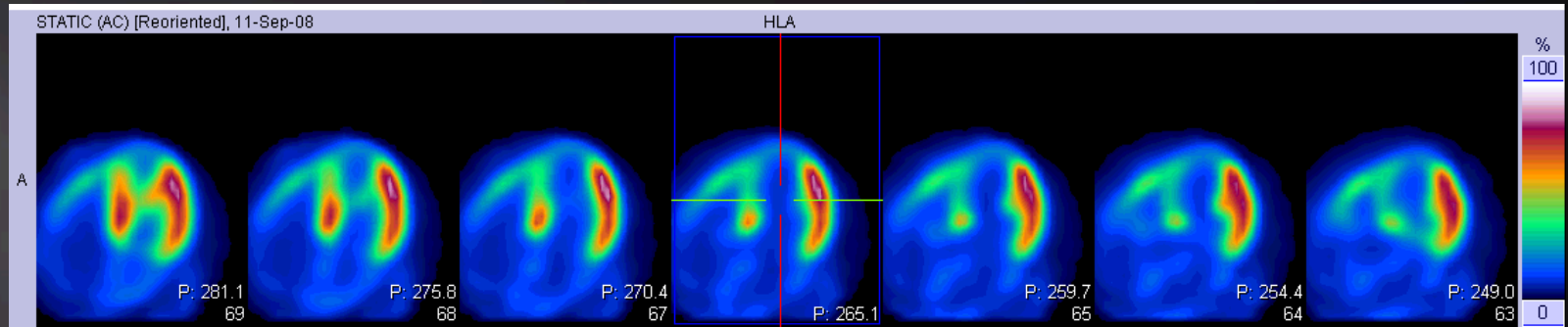


TEP Cardiaque au ^{18}F FDG

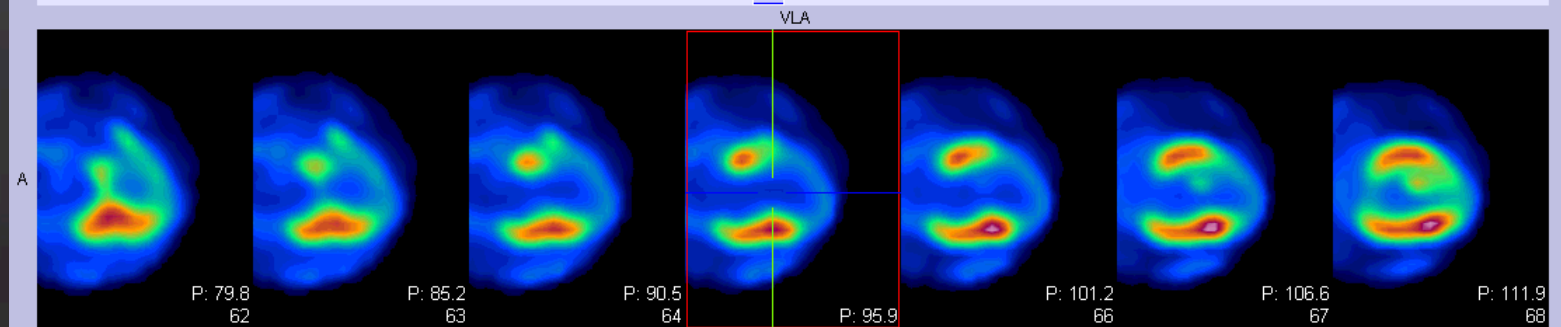
- ▣ Glucose métabolisé par les cellules myocardiques : véritable traceur de la viabilité
- ▣ **Acide nicotinique** pour limiter la consommation d'acide gras et favoriser l'absorption du glucose
- ▣ **Clamps insulinniques** utiles, en particulier chez les patients diabétiques
- ▣ Acquisitions TEP corrigées de l'atténuation par un scanner low-dose.
- ▣ Synchronisation à l'ECG : Gated-TEP

^{18}F -FDG Gated TEP

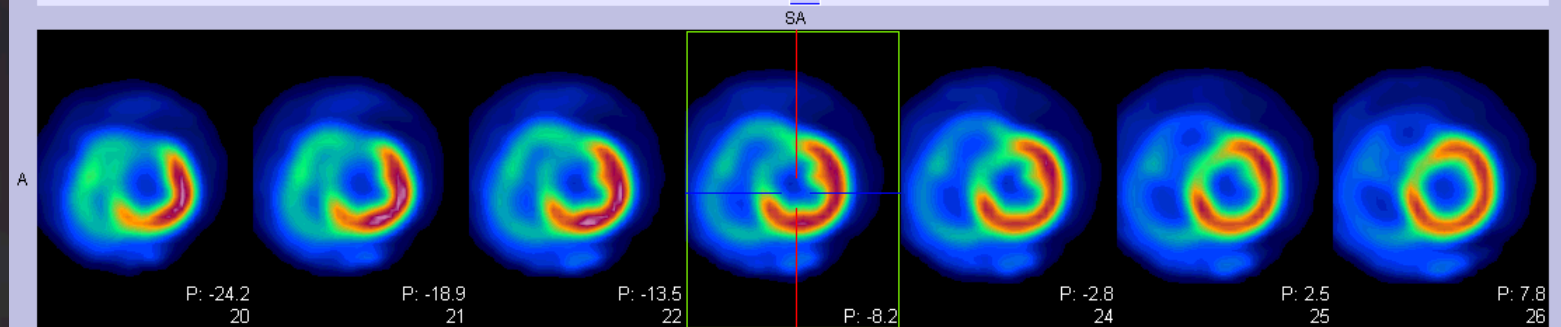
GAH



GAV



PA



^{18}F -FDG Gated TEP

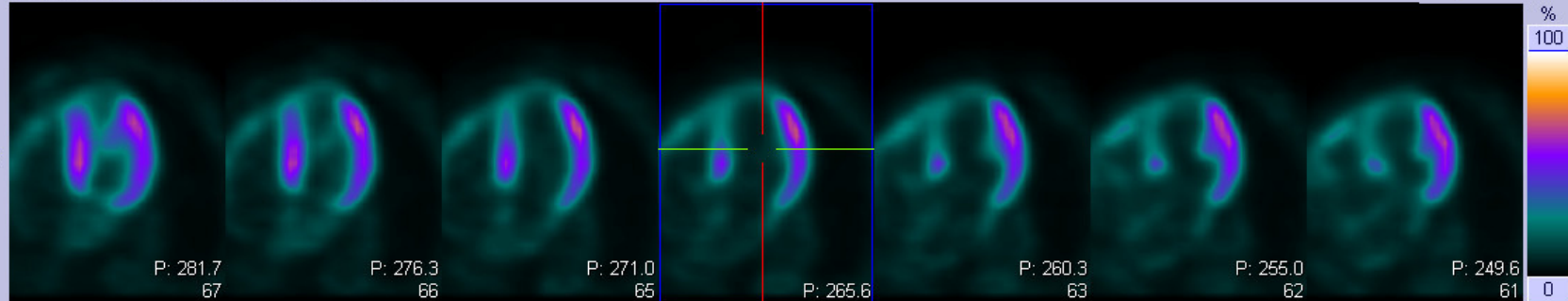
CARD 5G (AC) [Reoriented], 11-Sep-08 - Time Slot1

HLA



GAH

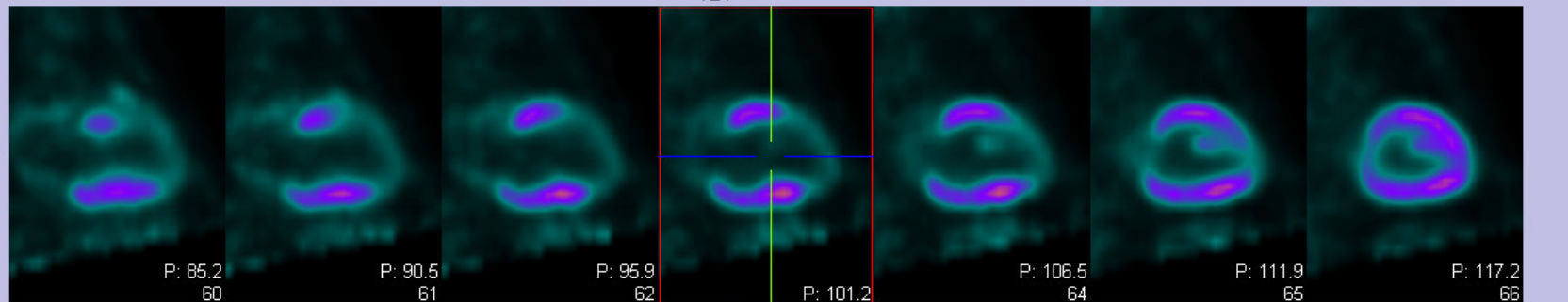
A



VLA

GAV

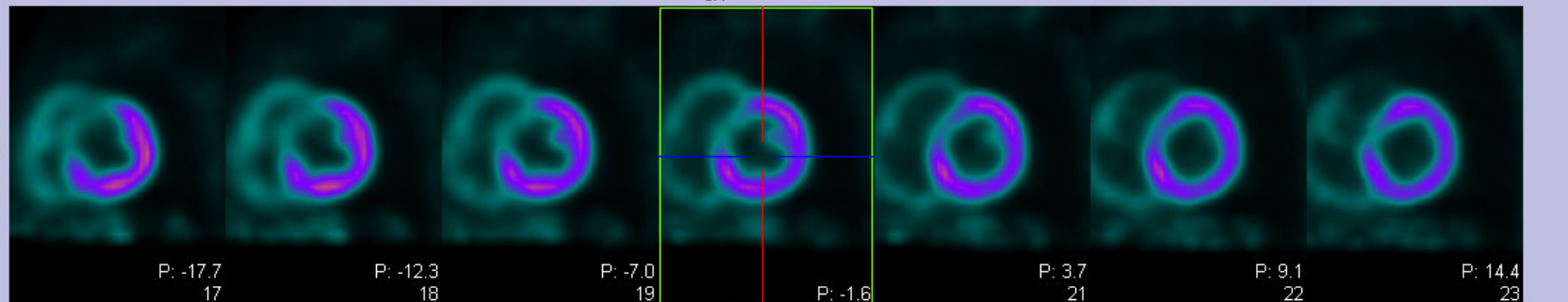
A



SA

PA

A

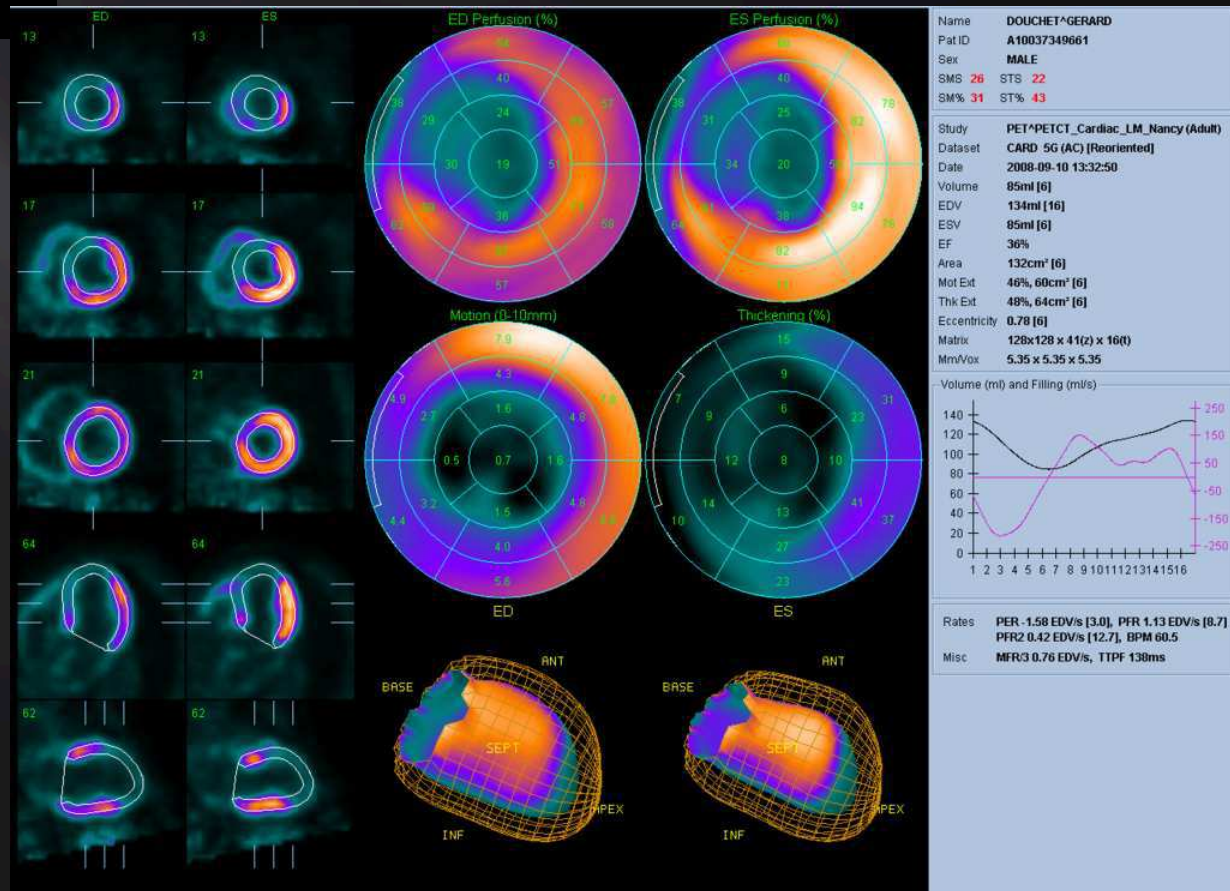


^{18}F -FDG Gated TEP

Fonction ventriculaire gauche

IDM antéro-septo-apical

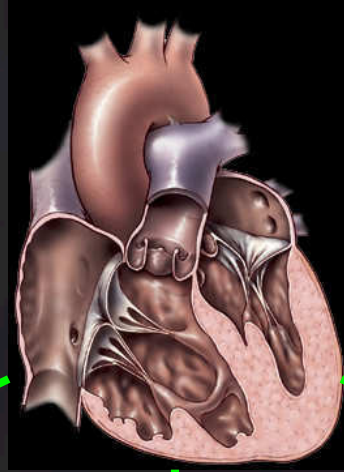
Viabilité dans le territoire de l'IVA : 1/3 proximal des parois antérieure et septale



IRM Cardiaque

- ▣ Analyse de la fonction ventriculaire gauche (images ciné)
- ▣ Excellente caractérisation anatomique
- ▣ Apport de l' injection de chélates de Gadolinium
- ▣ Limites : accessibilité, modalités techniques complexes nécessitant une équipe entraînée.

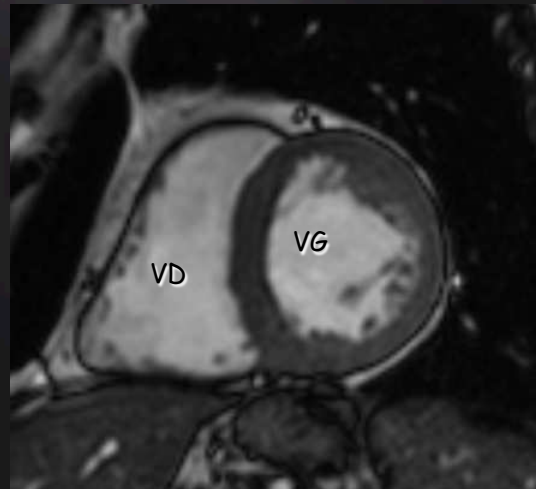
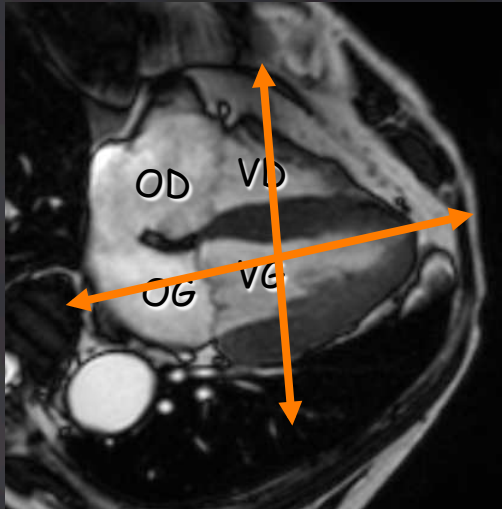
Tous les examens débutent par des séquences de repérage anatomique qui déterminent les plans de référence



4 cavités

Petit axe
« *Short axis* »

2 cavités G
« *long axis* »

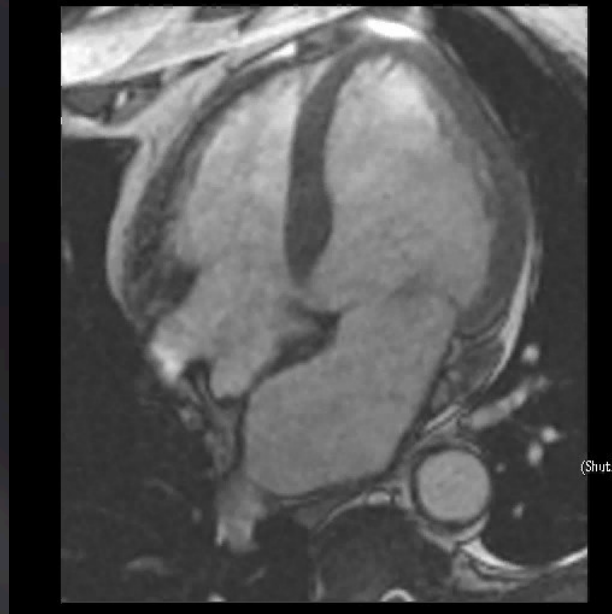


Ciné-IRM

Grand-axe vertical



Grand-axe horizontal



Précession
à
l'équilibre
(SSFP)
FIESTA (GE®)

↑ Signal enregistré
(refocalisation de l'aimantation résiduelle)
± imagerie parallèle

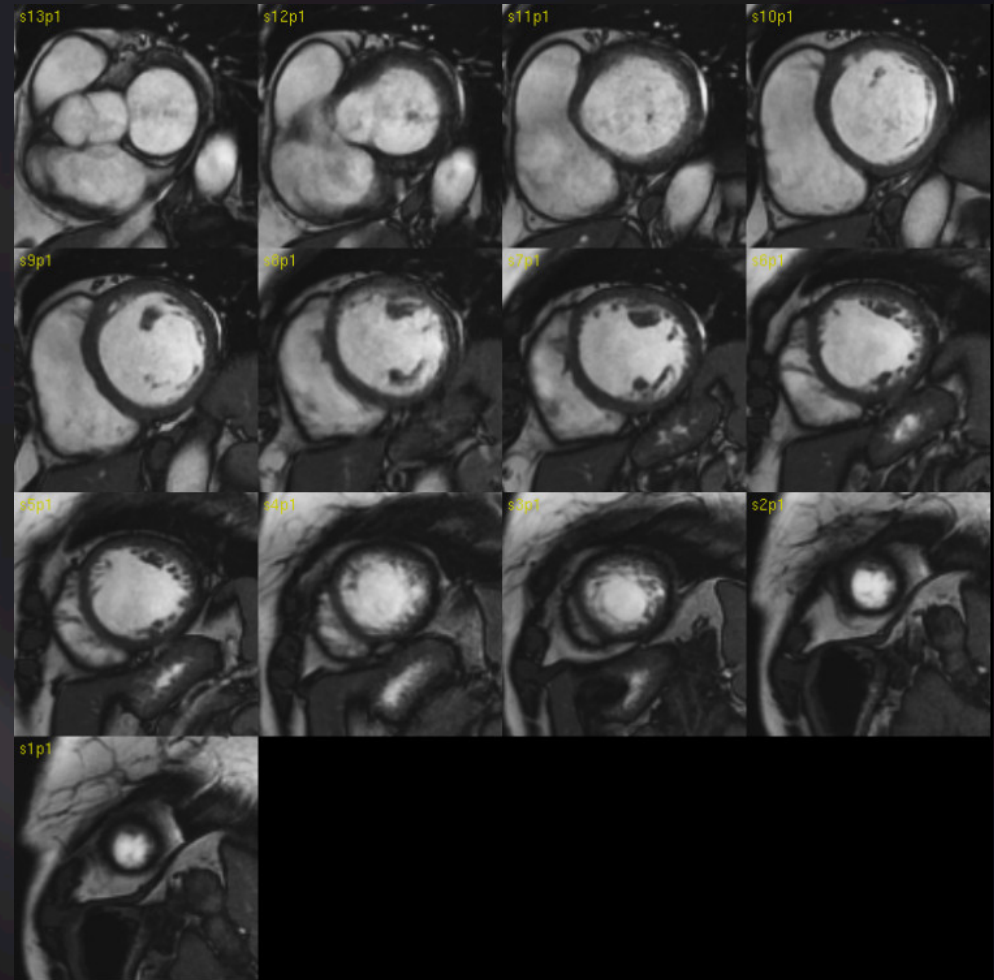
↑ Contraste myocarde / sang
(pondération T_2 supplémentaire)

Artéfacts de flux

→ TR et TE courts, réglage fréquence (décalage du pic)

MR Imaging of the Heart with Cine True
Fast Imaging with Steady-State
Precession: Influence of Spatial and
Temporal Resolutions on Left
Ventricular Functional
Parameters ; *S Miller, Radiology 2002;*
223:263–269

Volume et masse ventriculaire



Mesures volume et fraction d'éjection du VG

- ✓ 12 à 16 coupes « petit-axe » jointives
- ✓ Identification des images de télé-diastole et de télé-systole
- ✓ Logiciels automatisés de détection des contours, corrections manuelles

Contraste de phase



Contraste de phase : mesure précise du débit sanguin

1. débit cardiaque de repos (débit aortique),
2. variation du débit pendant l'exercice (Q_R/Q_S) phasage,
3. flux par les artères coronaires et pulmonaires
3. (flux par les artères coronaires) déplacés entre les 2
4. synchronisation ECG « parfaite ».
3. L'importance du déphasage dépend de la distance parcourue (vitesse)

Contraste de phase

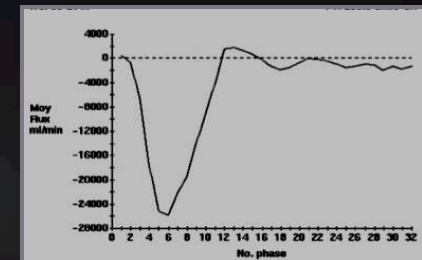
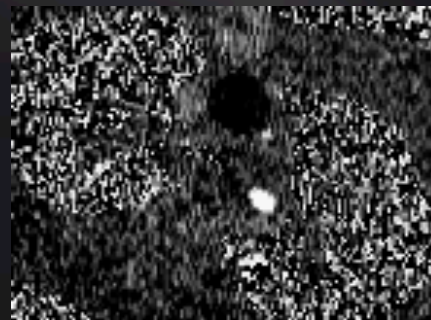
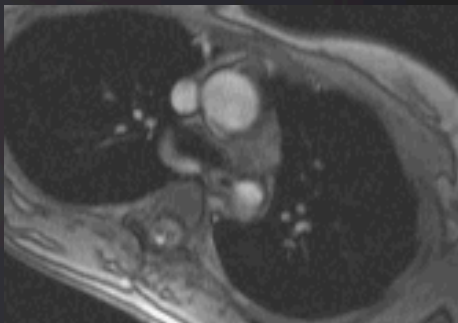
Surface (cm²)

X

Vitesse (cm/s)

=

Flux (cm³/s)



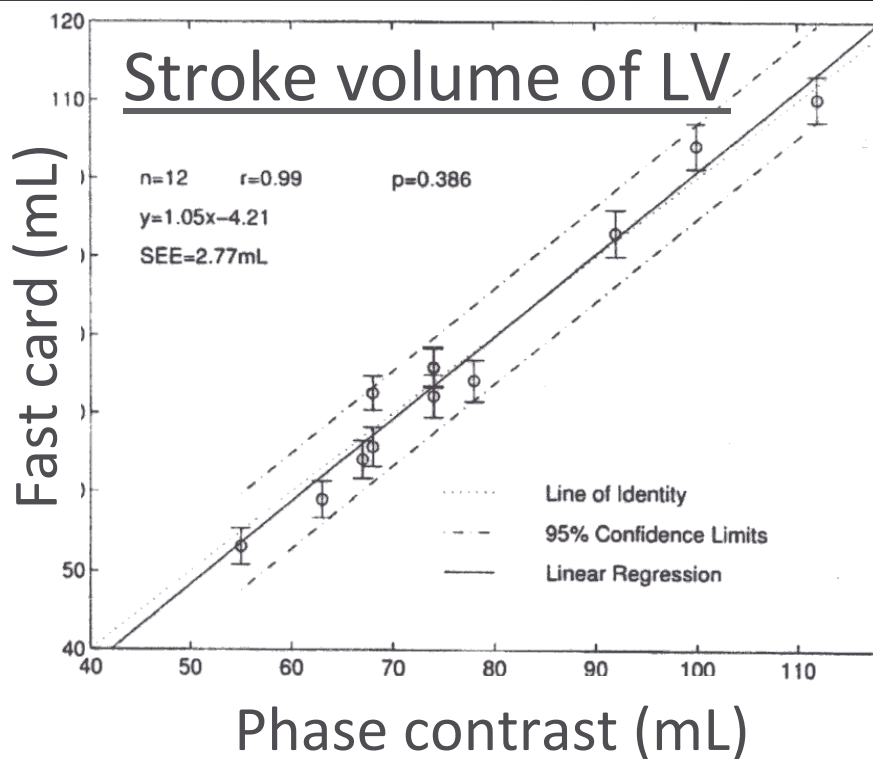
Surface min. : 1 cm²

Vélocité max. : 3 m/s

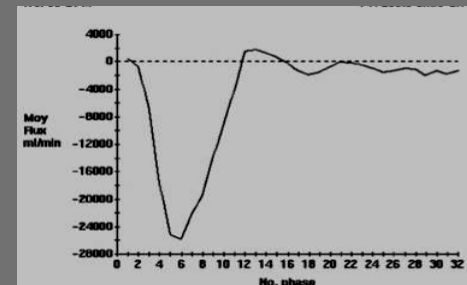
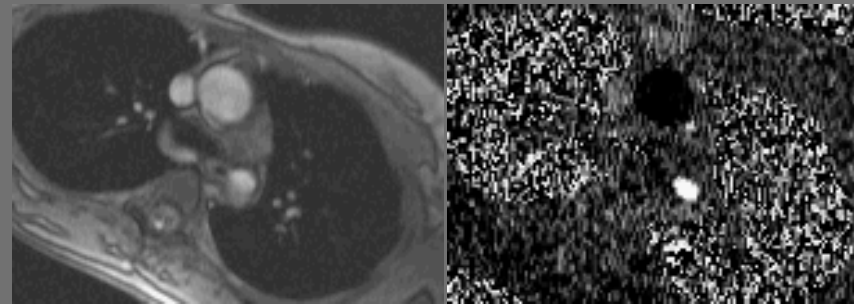
Volume, fraction d'éjection et masse myocardique du VG

SSFP ($\pm$ parallel imaging)

Quality control by determining stroke volume with phase contrast velocity mapping ; *Graves MJ, Dommett DM. Br J Radiol. 2000; 73(872):825.*



Contraste de phase



La rétention tardive du gadolinium-DTPA

- ▣ liée à une augmentation du volume liquidien interstitiel
 - nécrose cellulaire
 - fibrose tissulaire
 - œdème
- ▣ elle dépend aussi :
 - de l'ancienneté de l'infarctus
 - de la perfusion tissulaire (persistance ou non d'une occlusion coronaire)
 - de la clairance sanguine du traceur (fonction rénale)

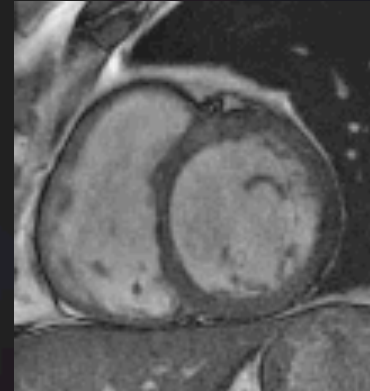
Rétention tardive

Fiesta

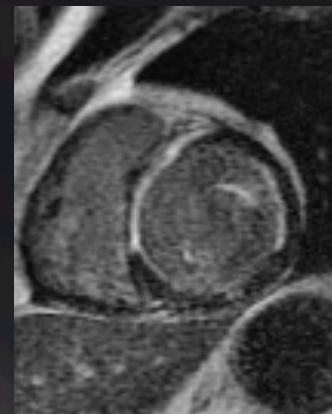
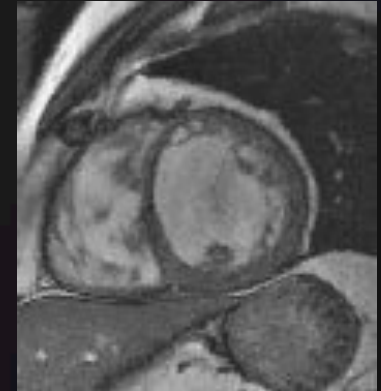
Delayed
enhancement

Petit-axes

basal



médian



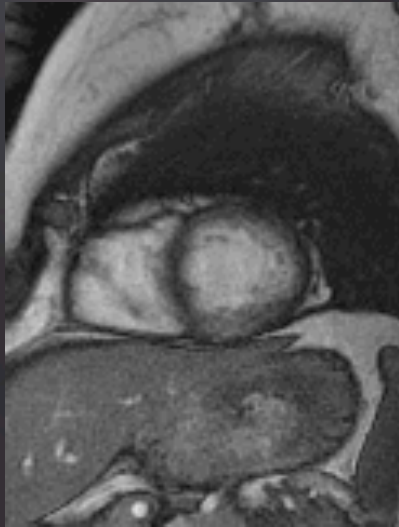
Séquence statique écho de gradient 2-D très pondérée en T_1 (saturation ou inversion récupération EG) :

- ✓ 10 à 20 min après 0,1 mmol/kg de Gadolinium-DTPA
- ✓ Temps d'inversion ajusté pour supprimer totalement le signal myocardique
- ✓ 6-8 mm d'épaisseur de coupe, matrice 256x128, 28-34 cm de FOV,
- ✓ TE (1.3 ms) et TR (3.5 ms) courts.

Rétention tardive

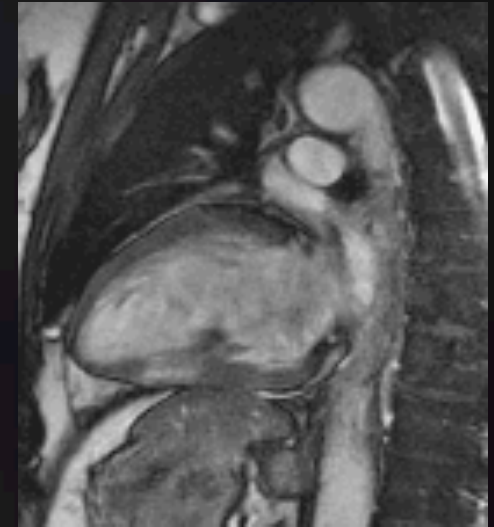
SSFP

avant Ga^{++} -DTPA



SSFP

15 min après Ga^{++} -DTPA



IDM avec coronarographie
et échographie normales

Séquence statique écho de gradient 3-D

Rétention tardive

- ▣ Détection des foyers de nécrose et/ou de fibrose, 10 à 20 min après l'injection de chélates de gadolinium

Visualisation of presence, location, and transmural extent of healed Q-wave and non-Q-wave myocardial infarction ; *Wu E et Al. Lancet 2001 Jan 6;357(9249):21-8*

- ▣ Très sensible pour les petits foyers de destruction cellulaire (< 1g)

Visualization of discrete microinfarction after percutaneous coronary intervention associated with mild creatine kinase-MB elevation ; *Ricciardi MJ et Al. Circulation. 2001 Jun 12;103(23):2780-3*

M. T, Infarctus ambulatoire inférieur

SSFP

Sans injection

SSFP

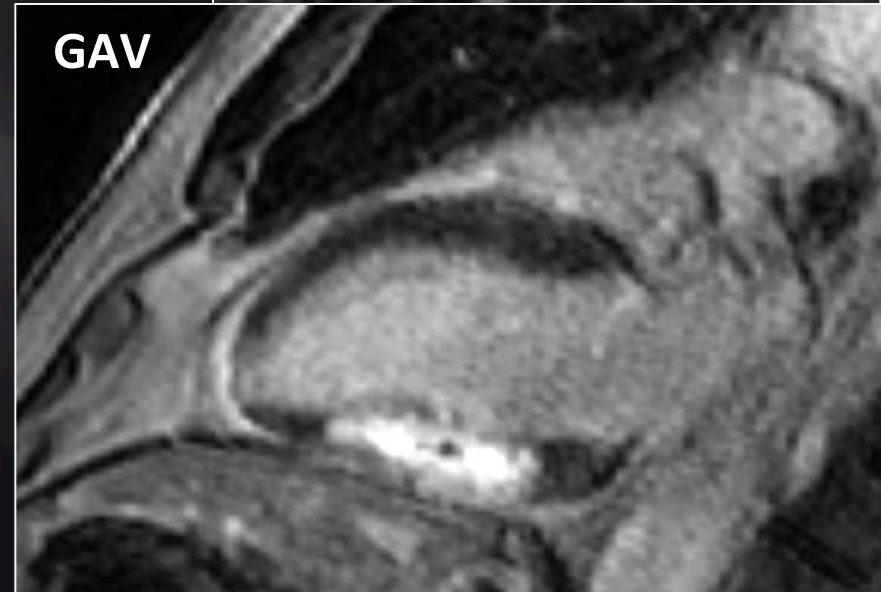
15 min après Ga^{++} -DTPA



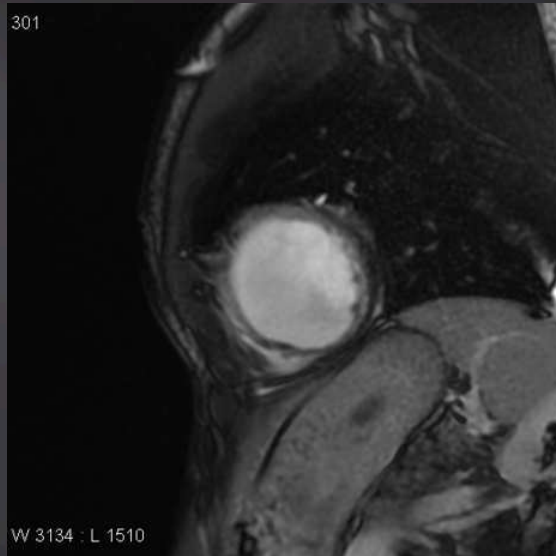
M. T, Infarctus inférieur



Séquelles d' IDM
transmural
Segments 3, 4 et 10

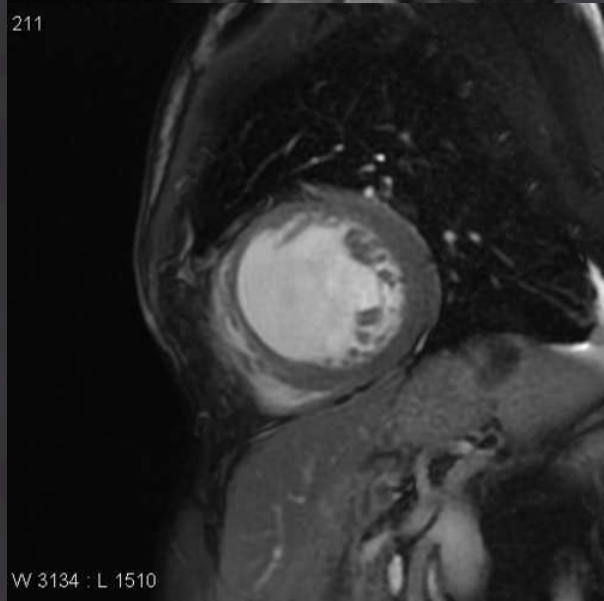


M. D, Infarctus antérieur



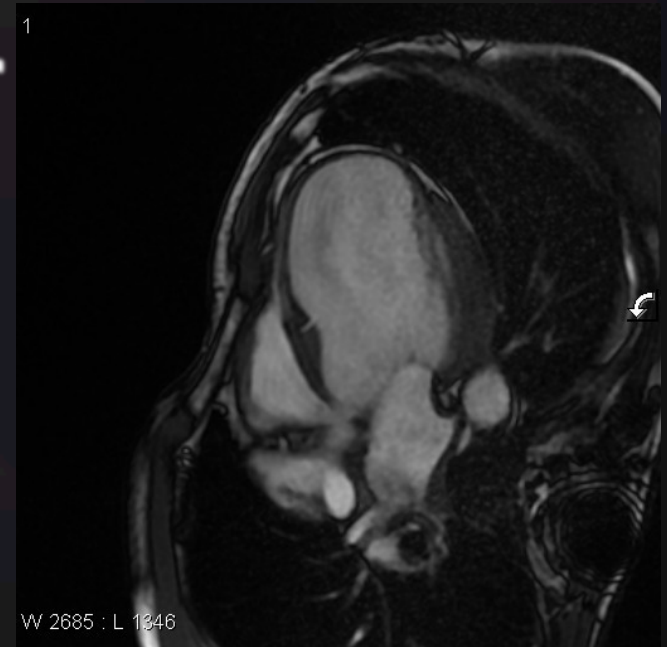
PA distal

Akinésie antéro-septo-apicale

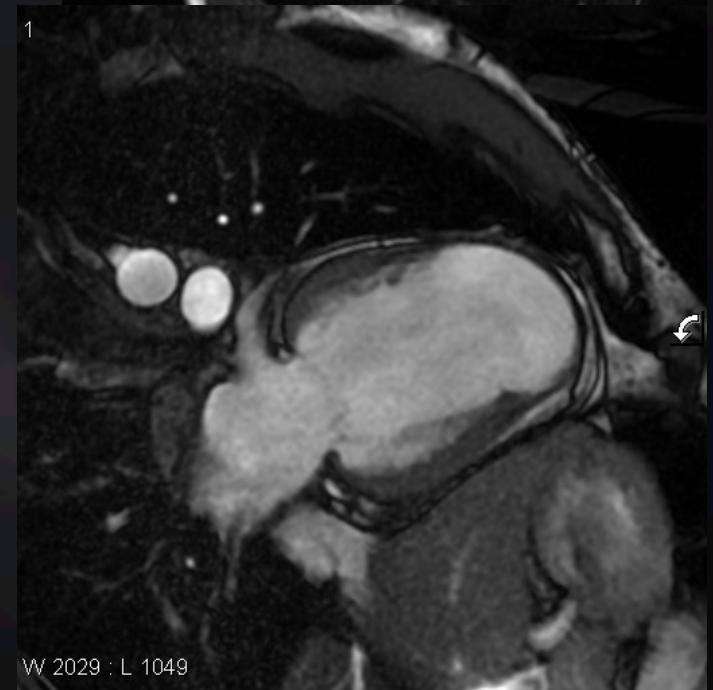


PA médian

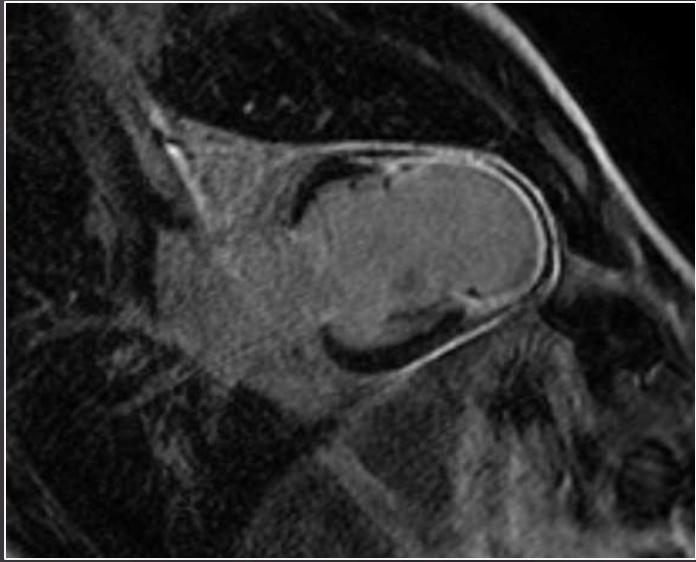
GAH



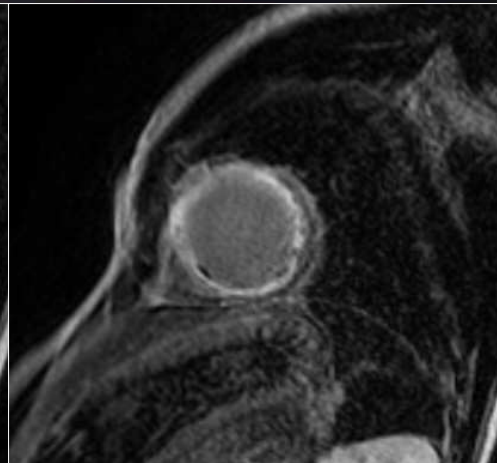
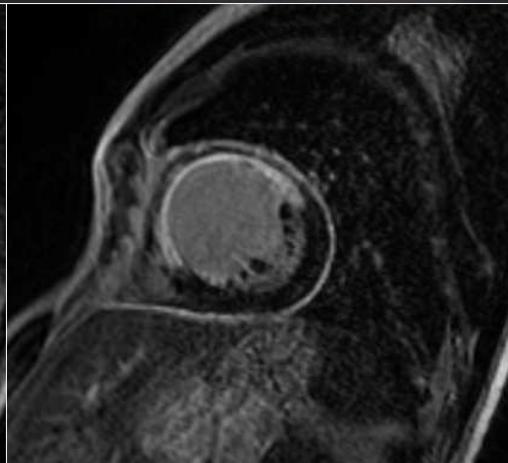
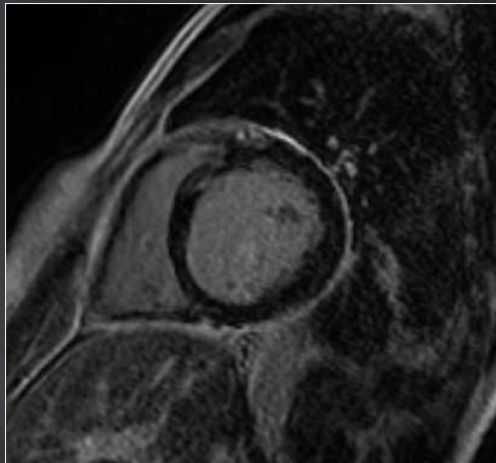
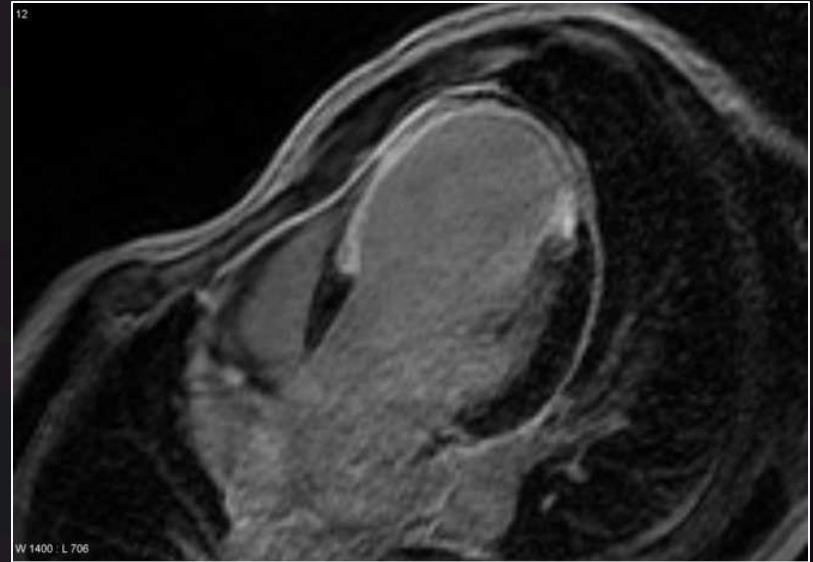
GAV



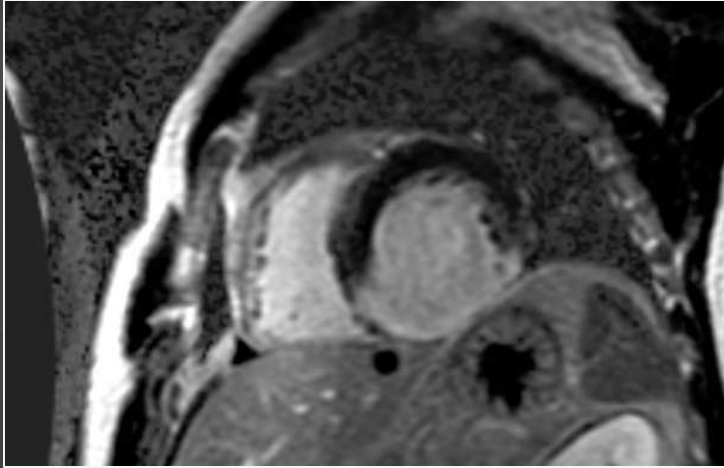
M. D, Infarctus antérieur



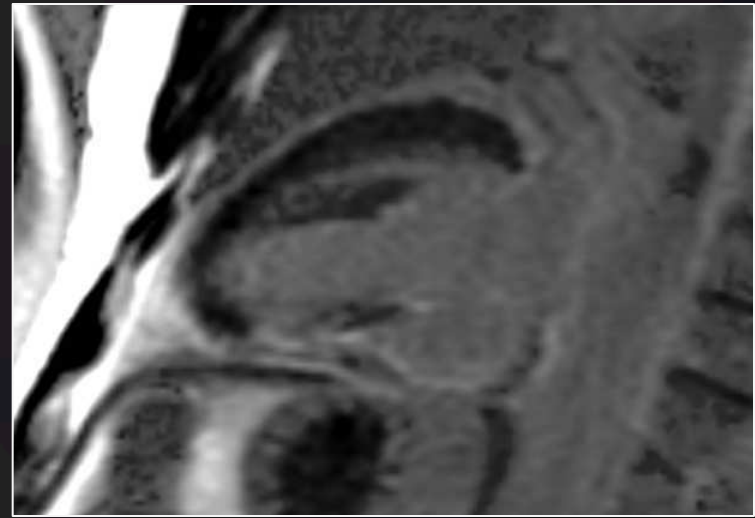
Séquelles
d' IDM
transmural
Segments 7, 8,
9, 13, 14, 15, 16
et 17



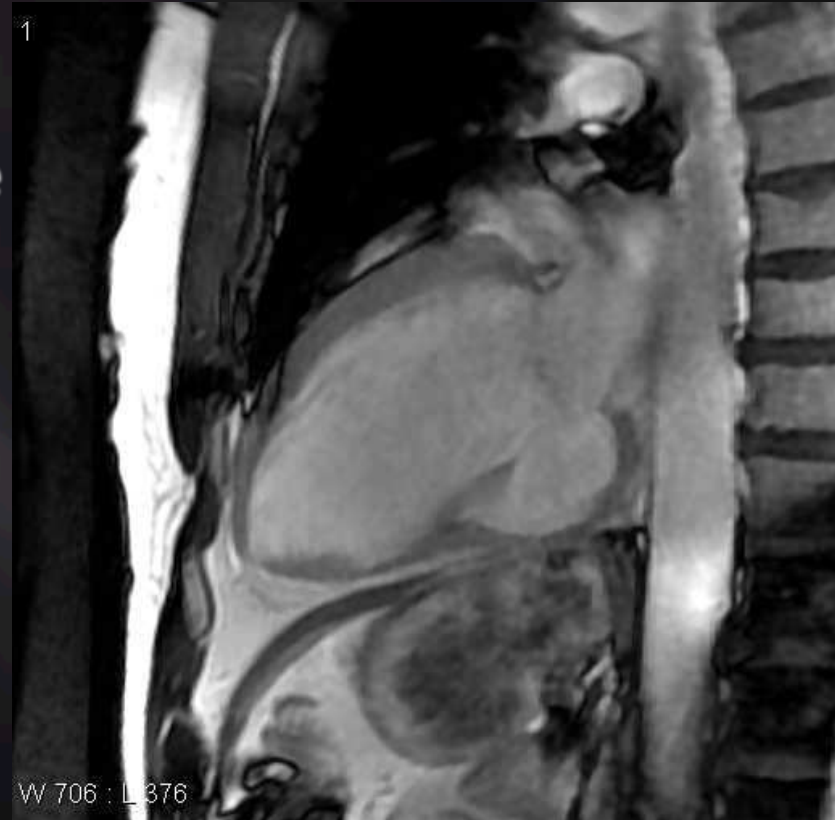
M. C, infarctus inférieur



Séquelles
d' IDM
transmural
inférieur étendu



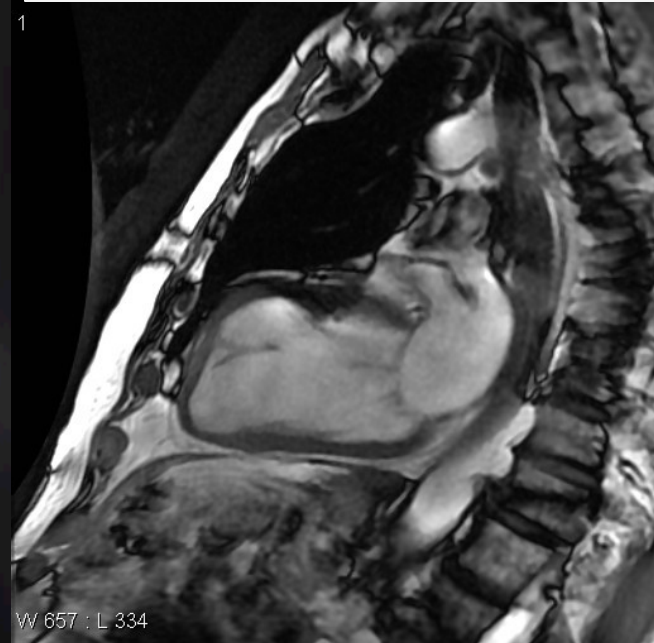
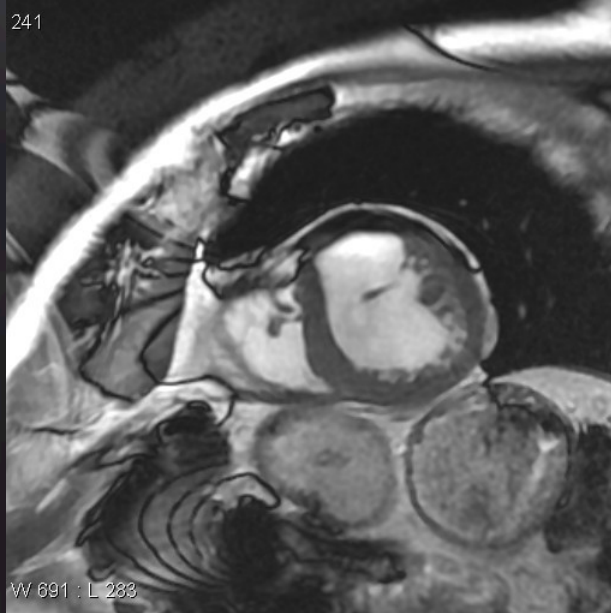
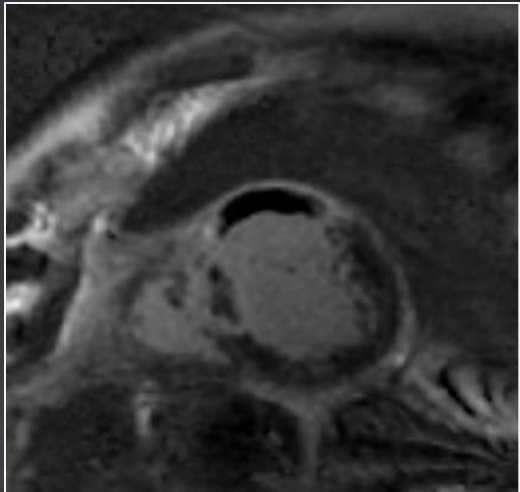
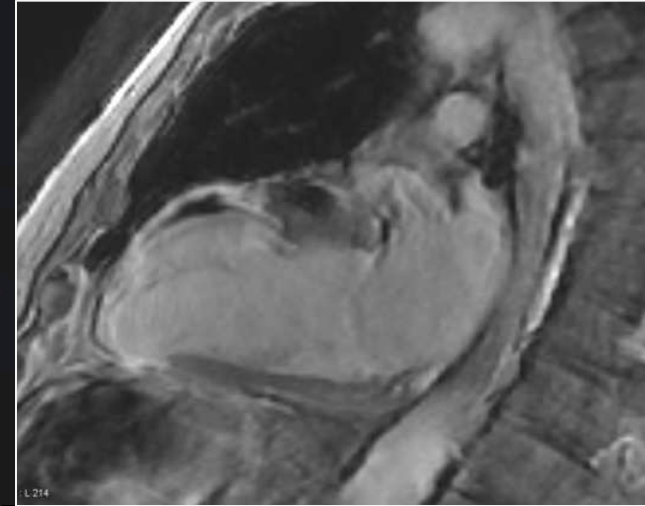
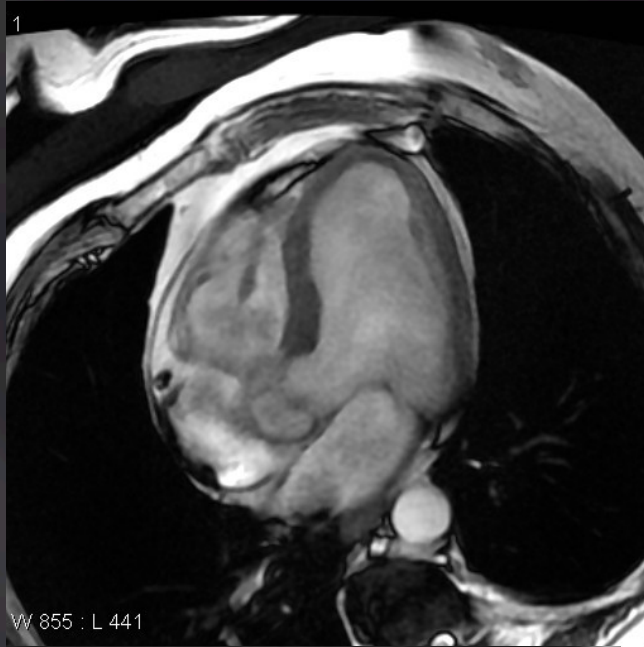
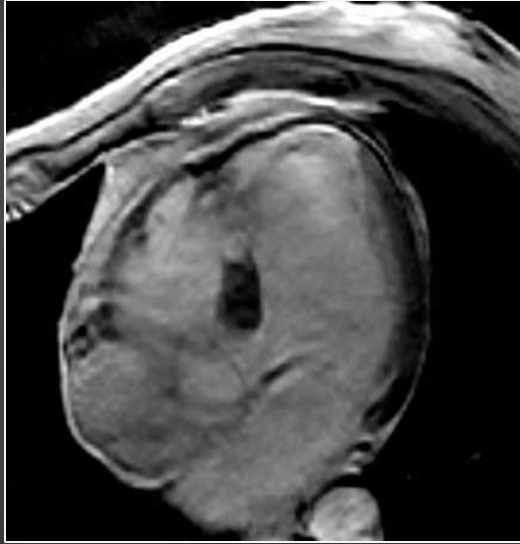
**Anévrysme
postéro-
basal !**



W 706 : L 376

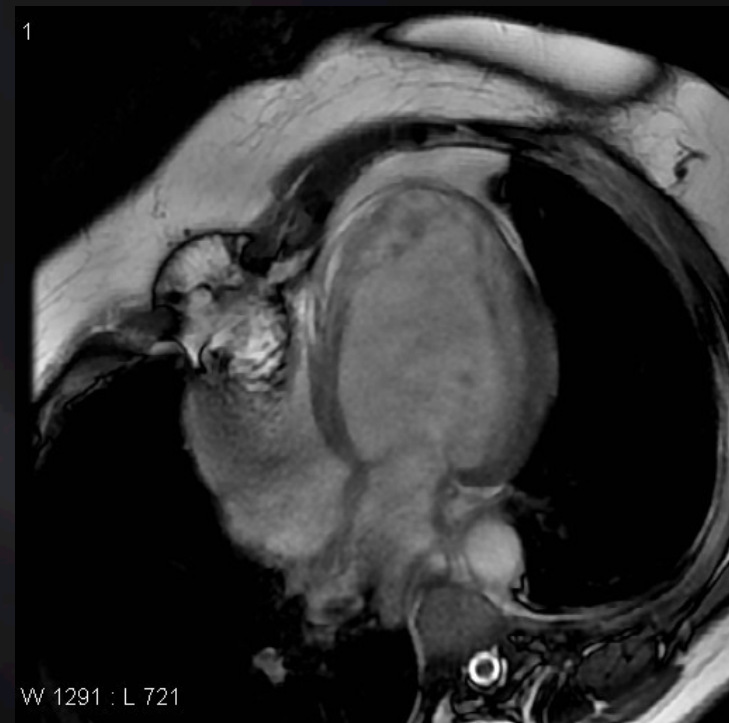
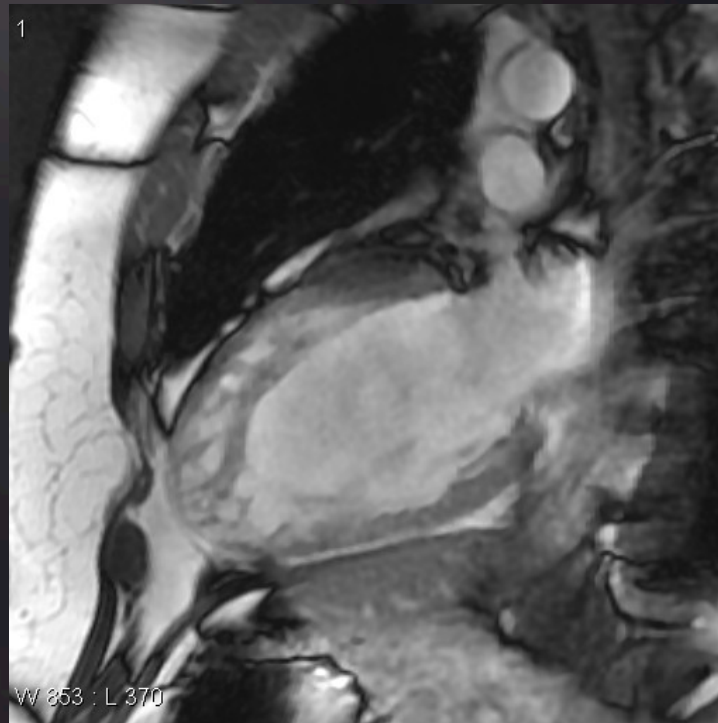
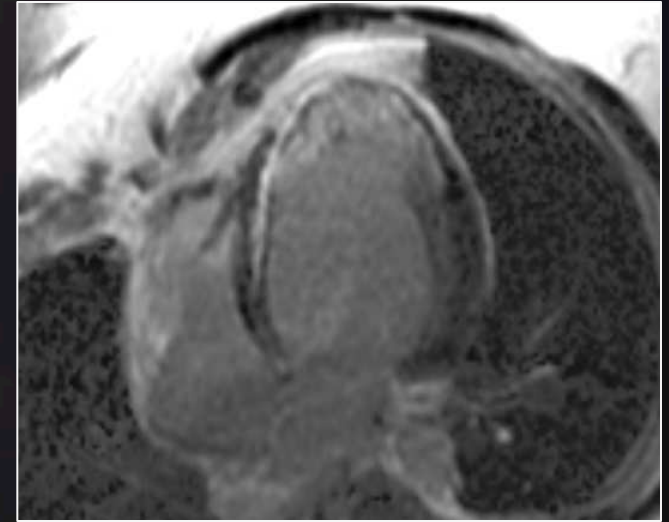
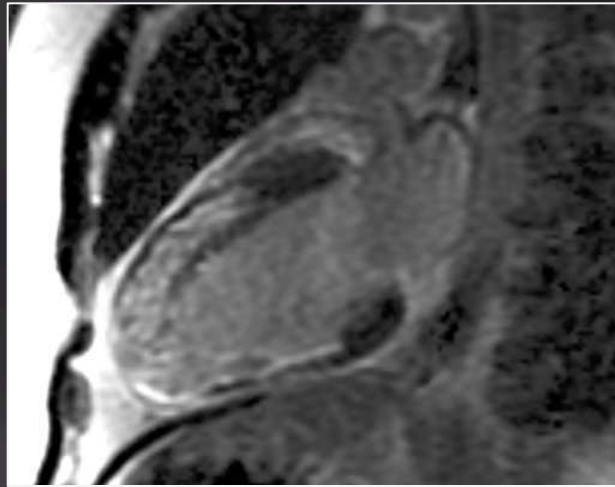
M. G, infarctus ASA

Thrombus antérieur !



M. A, infarctus ASA

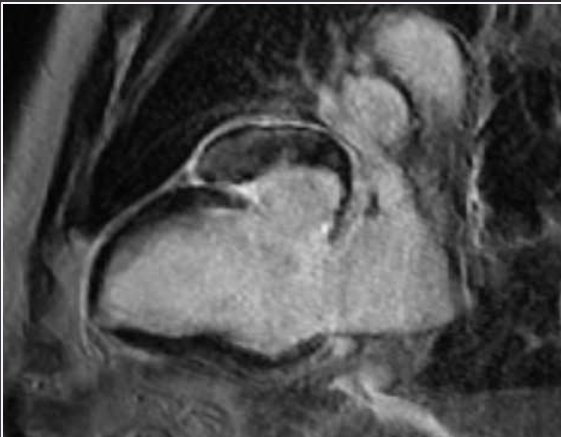
Non compaction !



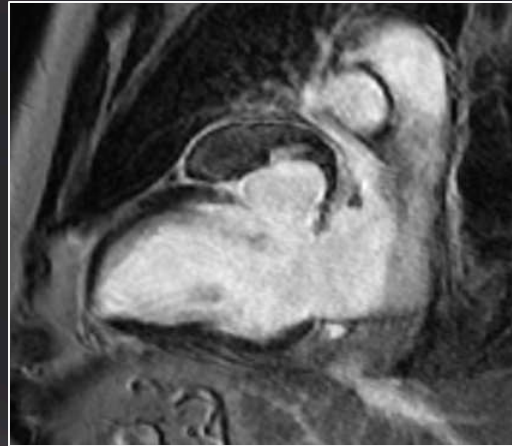
M. V, IDM antérieur



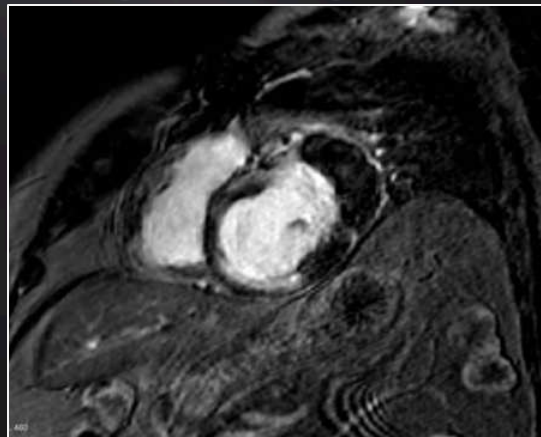
GAV Fiesta Gado



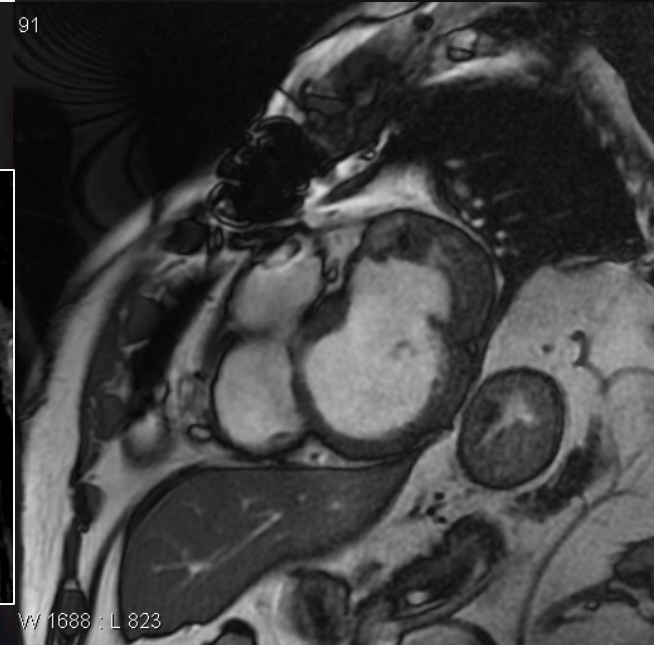
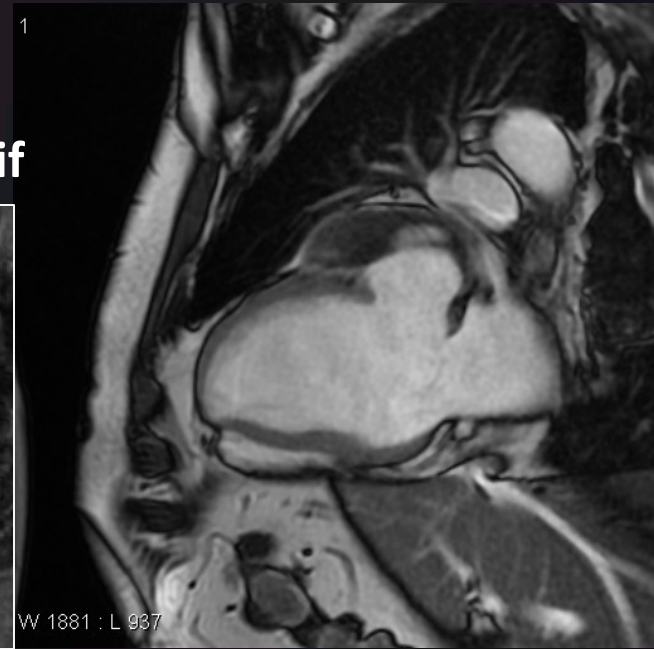
GAV oblique Fiesta Tardif



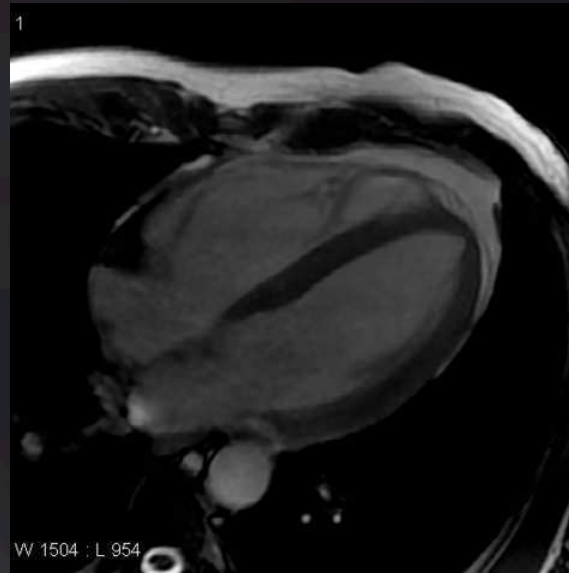
**Rupture
myocardique !**



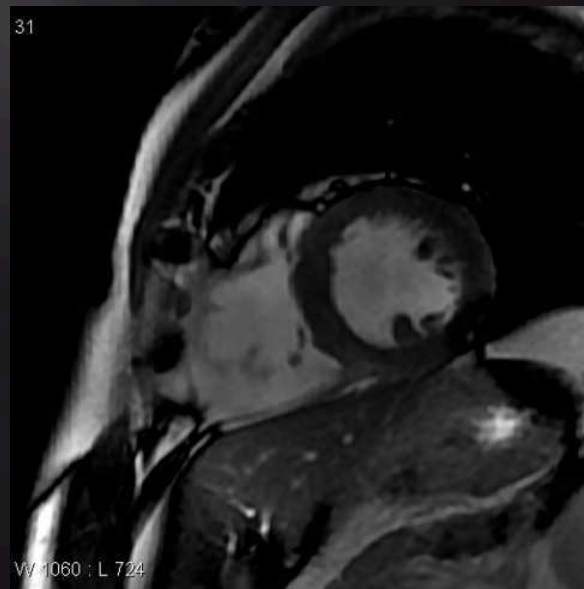
PA



M. S, SCA, tropo +, coro normale



GAH

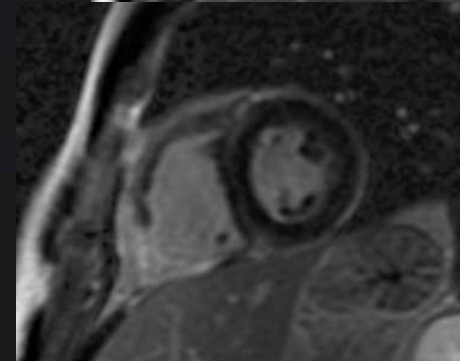
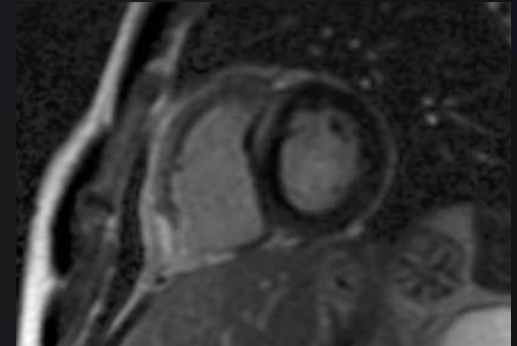


PA

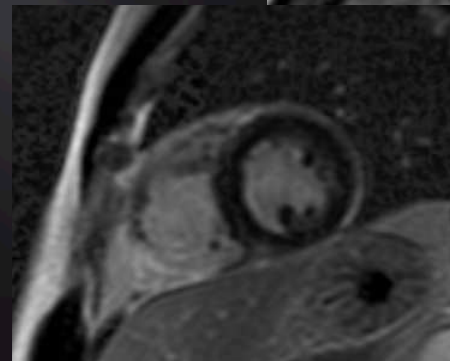
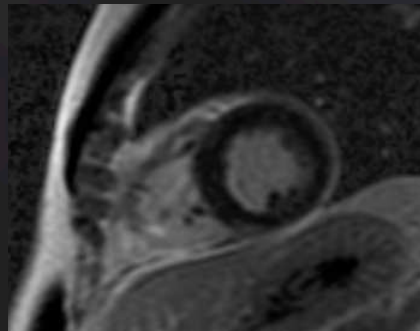
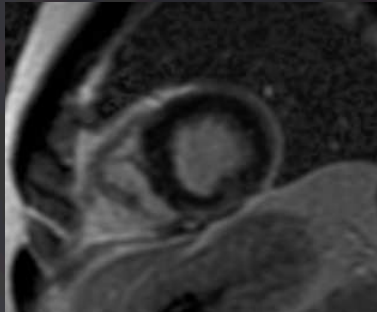
M. S, SCA, tropo +, coro normale

**Infarctus de la
paroi libre du VD!**

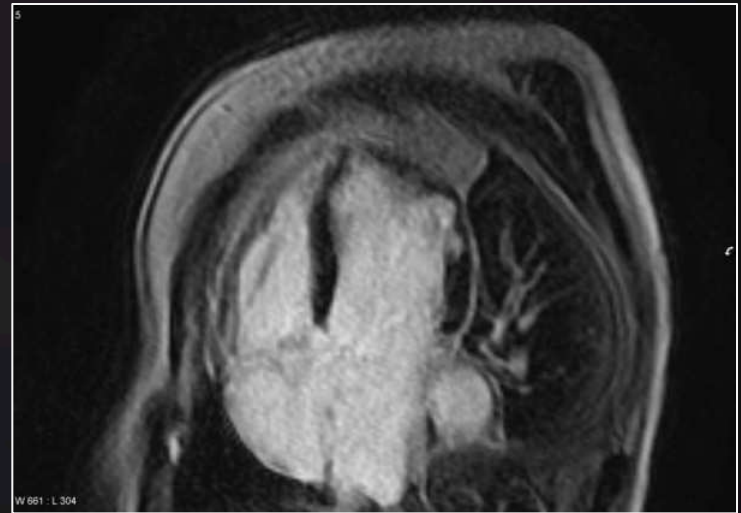
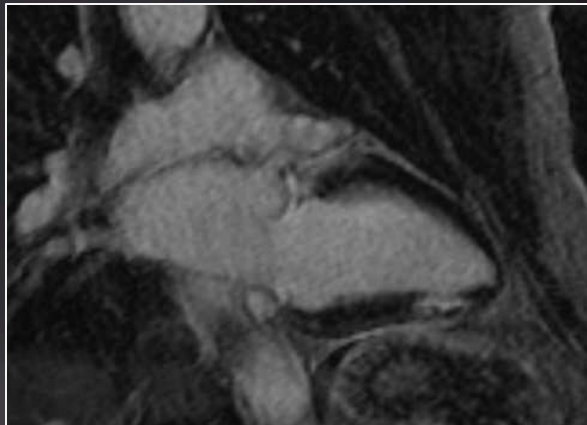
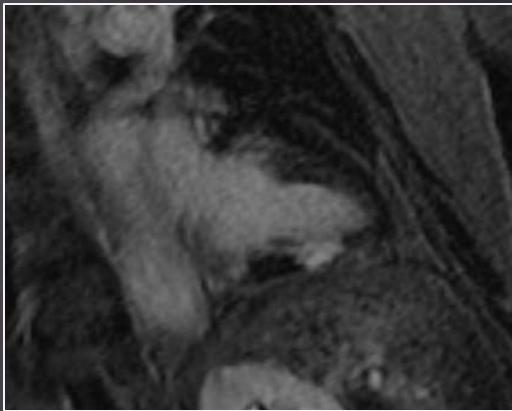
PA basal



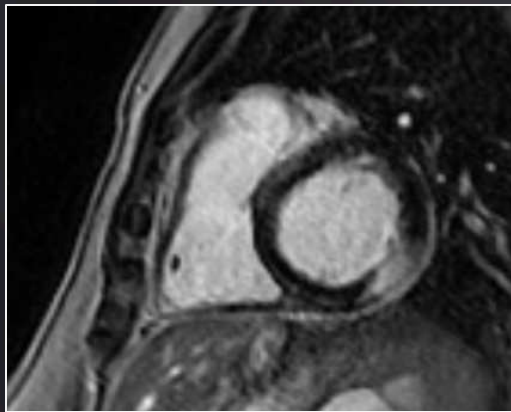
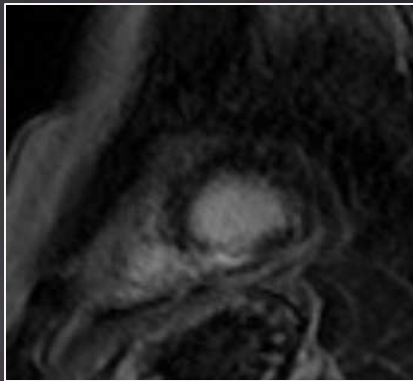
PA distal



M. M, SCA, tropo +



**Emboles
multiples !**



Merci de votre attention.